

Resum

L'objectiu d'aquest projecte consisteix en dissenyar un banc d'assaig per a motors de corrent continu de baixa potència a partir d'un banc d'assaigs de referència, creat per a la realització de pràctiques en el departament d'enginyeria mecànica de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona. La finalitat de la pràctica és obtenir la corba característica parell/velocitat de gir d'un moto-reductor i el seu rendiment electro-mecànic.

Amb el nou disseny es pretén millorar el funcionament i la precisió, i a la vegada ampliar el rang de l'assaig a motors de corrent continu ja siguin amb o sense reductor.

La metodologia emprada consta de dues parts principals. En primer lloc s'analitza el banc d'assaig actual per tal de poder conèixer el seu funcionament. D'aquesta manera s'aconsegueix tenir la suficient base per detectar quins elements fallen i per tant precisen millora. Això permet decidir sobre els mecanismes actuals i buscar altres variants de mecanismes equivalents que millorin el funcionament del banc d'assaig. En segon lloc, es descriuen els elements seleccionats verificant tots els components mitjançant els càlculs necessaris i incloent els plànols de les peces dissenyades. A més a més el projecte inclou un possible impacte ambiental i una valoració econòmica entre altres.

El disseny s'ha dut a terme mitjançant el programa de CAD de disseny mecànic en 3D *Solid Works 2006*. La realització de plànols de conjunt i de peces s'ha fet mitjançant *Solid Works 2006*.





Sumari

RESUM	1
SUMARI	3
SUMARI FIGURES	6
SUMARI TAULES	9
1. PREFACI	11
1.1. Origen del projecte	11
1.2. Motivació	11
2. INTRODUCCIÓ	13
2.1. Objectius del projecte	14
2.2. Abast del projecte	14
3. ESTUDI DEL BANC D'ASSAIG DE REFERÈNCIA	15
3.1. Descripció dels mecanismes que integren la màquina de referència	15
3.1.1. Sistema alimentació	15
3.1.2. Bancada	15
3.1.3. Peça intermitja	16
3.1.4. Elements a assajar	16
3.1.5. Tipus de fre	16
3.1.6. Tipus de rodaments utilitzats	17
3.1.7. Característiques dinamòmetre	18
3.1.8. Funcionament d'assaig actual del banc	18
4. ESTUDI D'ALTERNATIVES	21
4.1. Possibles solucions	21
4.1.1. Fre de Foucault	21
4.1.2. Màquina de corrent continu	22
4.2. Elecció de la millor solució	23
5. DESENVOLUPAMENT DE LA SOLUCIÓ ESCOLLIDA	25
5.1. Motor corrent continu actuant com a fre	25
5.2. Motors d'assaig	26
5.2.1. Motors de corrent continu	26
5.2.2. Moto-reductors	27
6. SELECCIÓ DELS ELEMENTS DE MESURA I DE CONTROL	29



6.1. Dinamòmetre.....	29
6.1.1. Elements escollits.....	31
6.2. Encòder	32
6.2.1. Encòder escollit	34
6.3. Control voltatge	34
6.4. Control intensitat	35
7. DISSENY DEL BANC D'ASSAIG	37
7.1. Solucions proposades.....	37
7.1.1. Banc d'assaig per a motors de corrent continu	37
7.1.2. Mètode de tensat.....	41
7.1.3. Millora banc d'assaig per a motors de corrent continu.....	42
8. DISSENY DEL NOU BANC D'ASSAIG	45
8.1. Elements constitutius	47
8.2. Components de sèrie.....	49
8.3. Components dissenyats.....	50
8.3.1. Suport 1	52
8.3.2. Suport 2	53
8.3.3. Suport 3	54
8.3.4. Suport 4	55
8.3.5. Suport tensor	56
8.3.6. Suport-cèl·lula-càrrega	57
8.3.7. Plataforma inferior	57
8.3.8. Eix 1	58
8.3.9. Eix 2	59
8.3.10. Peça intermitja_motor-reductor.....	61
8.3.11. Peça intermitja_motor	62
8.3.12. Tapeta.....	62
8.3.13. Tapeta_suport_moto-reductor	63
8.3.14. Tapeta_suport_motor.....	64
8.3.15. Tija	65
8.3.16. Platina_cèl·lula de càrrega.....	66
8.3.17. Posicionador	67
8.3.18. Piu.....	67
8.3.19. Politja_1	68
8.3.20. Politja_2	69
9. PLA DE MANTENIMENT DE LA MÀQUINA	71
9.1. Motors i reductors	71
9.1.1. Motors	71
9.1.2. Reductors	71



9.2. Rodaments	72
9.3. Transmissió	72
9.4. Unions cargolades	72
10. IMPACTE AMBIENTAL	73
10.1. Construcció de la màquina	73
10.2. Funcionament	73
10.3. Desballestament de la màquina	73
11. PRESSUPOST	75
11.1. Introducció	75
11.2. Cost dels components de sèrie	75
11.3. Cost dels elements dissenyats	77
11.4. Cost d'enginyeria	78
11.5. Pressupost final del projecte	79
12. CONCLUSIONS	81
13. AGRAÏMENTS	83
14. BIBLIOGRAFIA	85

ANNEX A.- Elecció dels components mecànics

ANNEX B.- Càlcul de la transmissió

ANNEX C.- Càlcul de la vida dels rodaments

ANNEX D.- Pressupost del projecte

ANNEX E.- Catàlegs dels components de sèrie

ANNEX F.- Plànols



Sumari Figures

Figura 2.1. Esquema del banc d'assaig actual	13
Figura 3.1. Banc d'assaig actual	15
Figura 3.2. Fre mecànic de sabates flotants	17
Figura 3.3. Dinamòmetre actual	18
Figura 4.1. Disc frenat per corrents de Foucault	22
Figura 4.2. Parts motor corrent continu	22
Figura 5.1. Esquema nou banc d'assaig	25
Figura 6.1. Exemples cèl·lules de càrrega	29
Figura 6.2. Galga extensomètrica	30
Figura 6.3. Diagrama de blocs d'una mesura amb galgues extensomètriques	30
Figura 6.4. Pont de Wheatstone	30
Figura 6.5. Encòder Incremental	32
Figura 6.6. Representació dels canals en un encòder incremental	33
Figura 6.7. Encòder incremental	33
Figura 6.8. Encòder incremental (esquerra), absolut (dreta)	34
Figura 7.1. Proposta 1: Bancada per motors de corrent continu	40
Figura 7.2. Proposta 2: Mètode tensat	41
Figura 7.3. Proposta 3: Utilització tapeta	41
Figura 7.4. Proposta 4: Tensat de la corretja	42
Figura 7.5. Proposta 5: Banc d'assaig per a motors de corrent continu	42
Figura 8.1. Banc d'assaig: disposició 1	45
Figura 8.2. Banc d'assaig: disposició 2	46



Figura 8.3. Bancada –Suport 1 _____	52
Figura 8.4. Bancada -Suport2 _____	54
Figura 8.5. Bancada-suport3 _____	55
Figura 8.6. Bancada-suport4 _____	56
Figura 8.7. Bancada-Suport_tensor _____	56
Figura 8.8. Suport cèl·lula de càrrega _____	57
Figura 8.9. Bancada-Plataforma _inferior _____	58
Figura 8.10. Eix 1 _____	59
Figura 8.11. Eix 2 _____	60
Figura 8.12. Peça intermitja_moto-reductor _____	61
Figura 8.13. Peça intermitja_moto-reductor _____	62
Figura 8.14. Tapeta _____	63
Figura 8.15. Tapeta_moto-reductor _____	64
Figura 8.16. Tapeta_suport_motor _____	64
Figura 8.17. Tija - Disposició 1 _____	65
Figura 8.18. Tija - Disposició 2 _____	66
Figura 8.19. Platina _____	66
Figura 8.20. Posicionador _____	67
Figura 8.21. Piu _____	68
Figura 8.22. Politja 1 _____	68
Figura 8.23. Politja 2 _____	69
Figura 11.1. Cost total elements de sèrie _____	76
Figura 11.2. Cost total elements de disseny _____	77
Figura 11.3. Cost d'enginyeria _____	78



Figura 11.4. Pressupost final projecte _____ 79

Figura 12.1. Banc d'assaig, disposició 1 _____ 82

Figura 12.2. Banc d'assaig, disposició 2 _____ 82



Sumari Taules

Taula 4.1. Elecció de la millor solució	23
Taula 5.1. Motors a utilitzar en el banc d'assaig	25
Taula 5.2. Valors a tensió nominal motor Maxon RE 40	26
Taula 5.3. Característiques reductor planetari	27
Taula 6.1. Característiques cèl·lula escollida	31
Taula 6.2. Característiques de l'encòder escollit	34
Taula 7.1. Avantatges i inconvenients del sistema de transmissió	38
Taula 7.2. Característiques transmissió	40
Taula 8.1. Elements constitutius del banc d'assaig	49
Taula 8.2. Elements de sèrie	50
Taula 8.3. Components de disseny	51
Taula 11.1. Cost total dels elements de sèrie	76
Taula 11.2. Cost total elements de disseny	77
Taula 11.3. Costos d'enginyeria	78
Taula 11.4. Cost total del banc d'assaig	79





1. Prefaci

1.1. Origen del projecte

L'origen del projecte es deu a la necessitat de fabricar un nou banc d'assaig per a poder realitzar les pràctiques de l'assignatura *Assaig de Màquines* impartida en el quadrimestre nou de la titulació d'enginyeria industrial.

La màquina existent disposa d'un fre mecànic de sabates flotants a partir del qual s'aplica un parell resistent al motor d'assaig. Aquest és el principal problema, ja que la utilització del fre mecànic provoca pèrdues de precisió en les mesures i, com a conseqüència, l'obtenció de resultats erronis al llarg de la pràctica, a més a més, d'un sobreescalfament del fre i una difícil manipulació del banc d'assaig.

D'altra banda, el desig d'aconseguir un banc d'assaig més versàtil que serveixi per diferents tipus de motors, amb o sense reductor, és el segon motiu de la realització del projecte.

1.2. Motivació

La motivació més gran en realitzar d'aquest projecte, han estat les ganes de poder analitzar la màquina, estudiar-la, treure'n conclusions i poder modificar alguns elements per millorar-la, aplicant així tots els coneixements adquirits durant aquests anys d'estudis universitaris.

El simple fet de ser saber que aquest banc d'assaig es construirà a curt termini per necessitats docents, dóna una motivació afegida al projecte.





2. Introducció

Actualment, el Laboratori de Màquines del Departament d'Enginyeria Mecànica, disposa d'un banc d'assaig utilitzat en les pràctiques de l'assignatura *Assaig de Màquines*, que realitzen els alumnes de cinquè curs especialitzats en mecànica.

L'objectiu de la pràctica consisteix en obtenir la corba característica parell/velocitat de gir d'un moto-reductor de corrent continu emprat en l'accionament d'un neteja-parabrises. Al mateix temps, s'avalua el rendiment electro-mecànic del moto-reductor, comprovant la seva dependència amb la velocitat de gir.

El banc d'assaig actual està format per un suport sobre el qual es munta el moto-reductor flotant mitjançant una articulació materialitzada amb un rodament de boles. El moto-reductor disposa d'una tija utilitzada per mesurar el parell mitjançant un dinamòmetre, fet pel que el motor es manté en posició horitzontal.

A la sortida del moto-reductor, es troba disposat un fre mecànic amb sabates flotants, amb el qual s'aplica un parell resistent al motor d'assaig. Durant la pràctica interessa variar el parell resistent, això s'aconsegueix variant la compressió de les molles que premen les sabates contra el tambor del fre.

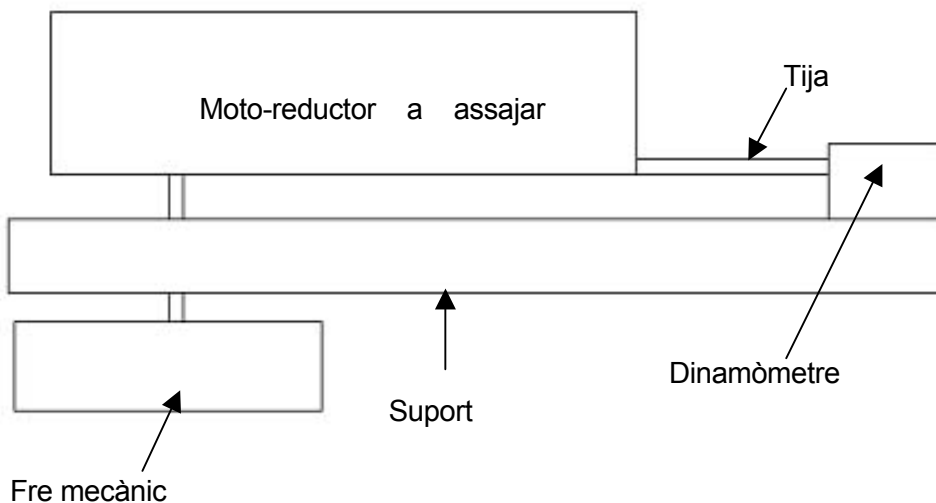


Figura 2.1. Esquema del banc d'assaig actual



2.1. Objectius del projecte

L'objectiu principal d'aquest projecte consisteix en el desenvolupament d'una solució que substitueixi el fre mecànic de sabates flotants del banc assaig actual.

L'encàrrec d'un nou fre és degut a la poca precisió, l'escalfament que presenta el fre durant la seva utilització i la seva difícil manipulació.

El desenvolupament del disseny mecànic es farà tenint en compte un dels requeriments principals, ampliar el rang de l'assaig a motors de diferents mides, ja siguin amb o sense reductor.

2.2. Abast del projecte

El projecte queda determinat pels següents punts:

- Anàlisi del banc d'assaig actual.
- Estudi i anàlisi de nous mecanismes equivalents que millorin el funcionament del banc d'assaig.
- Elecció dels elements de control.
- Estudi de les alternatives de disseny i desenvolupament de la solució escollida: Càlculs dels elements mecànics i transmissions.
- Elaboració del disseny: Disseny detallat del banc d'assaig i diferents elements que el conformen.
- Recerca i elecció dels proveïdors per als elements de sèrie.
- Anàlisi dels processos de fabricació adequats i explicació del muntatge dels elements de disseny.
- Realització de plànols de fabricació i plànols de muntatge.
- Pla manteniment de la màquina.
- Impacte ambiental.
- Valoració econòmica del projecte.



3. Estudi del banc d'assaig de referència

El banc d'assaig objecte de l'estudi està dissenyat per l'assaig de moto-reductors de corrent continu, més concretament motors netejaparabrises.

A continuació és mostra una imatge de la màquina de referència:

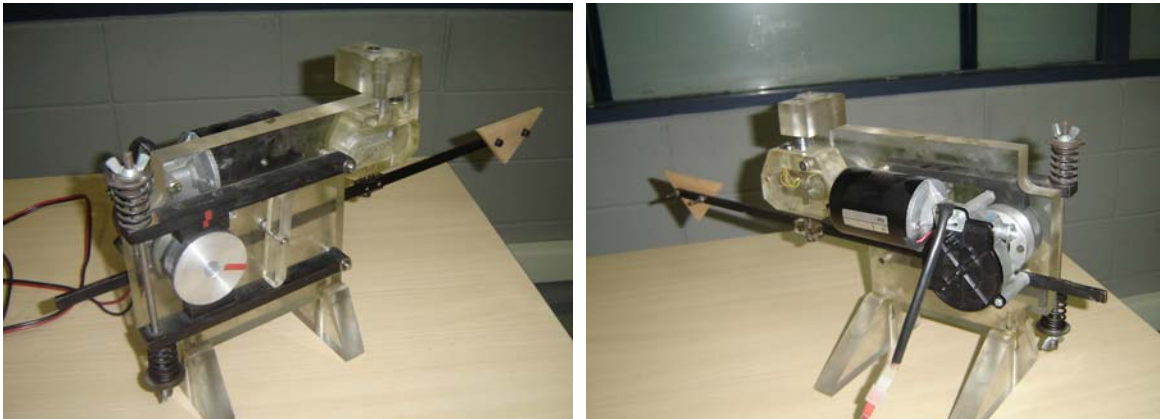


Figura 3.1. Banc d'assaig actual

3.1. Descripció dels mecanismes que integren la màquina de referència

El banc de proves té un funcionament bàsicament mecànic, exceptuant la utilització dels motors d'assaig i els elements de control.

3.1.1. Sistema alimentació

La font d'alimentació és un dispositiu o subsistema adequat per convertir el corrent altern de la xarxa de distribució de la energia elèctrica en corrent continu adequat a l'ús pel que serà utilitzat.

El banc d'assaig disposa d'una font d'alimentació estàndard de tensió constant.

3.1.2. Bancada

Tal com ja s'ha comentat, el banc d'assaig actual simplement està dissenyat per l'assaig de moto-reductors.



La bancada de referència té les funcions de:

- Subjectar el motor netejaparabrises.
- Subjectar el fre mecànic de sabates flotants.
- Subjectar la cèl·lula de càrrega del dinamòmetre.

El motor fix del banc d'assaig simplifica l'estructura.

3.1.3. Peça intermitja

El banc d'assaig disposa d'una peça intermitja, gràcies a la qual s'aconsegueix la basculació de la carcassa del motor permetent així la mesura de la força.

3.1.4. Elements a assajar

El banc d'assaig actual està pensat per assajar un únic moto-reductor, concretament un motor de netejaparabrises de 12V.

3.1.5. Tipus de fre

El banc d'assaig per moto-reductors consta d'un fre mecànic de sabates flotants amb la missió de crear un parell resistent al motor netejaparabrises a assajar.

El fre consta de:

- Tambor
- Sabates flotants
- Mordaces





Figura 3.2. Fre mecànic de sabates flotants

El tambor del fre és col·lineal a l'eix del moto-reductor, d'aquesta manera mitjançant una peça intermitja, s'aconsegueix transmetre la potència del motor d'assaig fins al disc del fre.

Per al nou banc d'assaig és necessària la búsqueda d'una alternativa per solucionar els següents problemes:

- Soroll: Sorgeix tant bon punt s'escalfa el fre i és degut a la fricció entre el disc i les sabates.
- Vibracions: És una causa de l'escalfament del fre.
- Poca precisió: La precisió disminueix amb l'escalfament del fre.
- Malmetement dels rodaments: El banc disposa de petits rodaments que es malmeten a causa del pes del motor.

3.1.6. Tipus de rodaments utilitzats

Els rodaments que constitueixen la transmissió són dos rodaments rígids de boles petits per requeriments de disseny. Aquests no són visibles des de l'exterior perquè estan muntats dins del suport.

En aquest cas, l'anell interior dels rodaments va unit mitjançant interferència amb la peça intermitja, aconseguint la basculació de la carcassa del motor.



3.1.7. Característiques dinamòmetre

Per tal de poder mesurar el parell del moto-reductor es disposa d'una cèl·lula de càrrega del tipus anell, fabricada en el Laboratori de Vibracions del Departament d'Enginyeria Mecànica.



Figura 3.3. Dinamòmetre actual

3.1.8. Funcionament d'assaig actual del banc

L'objectiu de la pràctica consisteix en dibuixar el gràfic d'un motor de contínua a partir d'unes mesures realitzades en el laboratori. Posteriorment es calcula el rendiment del conjunt motor reductor. El gràfic relaciona el parell i la velocitat.

- **Obtenció de dades**

Tal com s'ha explicat anteriorment, el banc d'assaig actual presenta dues parts importants. D'una banda el moto-reductor d'assaig i de l'altra el fre, mecanisme encarregat d'aplicar un parell resistent al motor.

Es posa en funcionament el banc i es prenen les mesures sense aplicar parell resistent. Seguidament, es va augmentant progressivament el parell resistent del motor mitjançant unes molles. Aquestes s'encarreguen de prémer les sabates contra el disc, dificultant així el seu gir.

El parell ve representat per la següent equació:

$$\Gamma = F \cdot d \quad (\text{Eq. 3.1})$$

$$F = (U - U_0) \cdot k \quad (\text{Eq. 3.2})$$



On:

d = distància del dinamòmetre a l'eix de sortida del reductor

F= força [N]

k =0.2 N/V

U₀= voltatge inicial(V₀) =12V

U es troba experimentalment a partir de la mesura del dinamòmetre.

Com es pot observar en la figura 3.2, el disc del fre mecànic presenta una marca que facilita la lectura del temps. Experimentalment es calcula el temps que el disc del fre tarda a fer 5 voltes.

$$w = \frac{5voltes}{t} \cdot 2 \cdot \pi \quad (\text{Eq. 3.3})$$

Per últim es calcula el rendiment mitjançant la següent fórmula:

$$\eta = \frac{\Gamma \cdot w}{I \cdot U_0} \quad (\text{Eq. 3.4})$$





4. Estudi d'alternatives

Tal com s'ha especificat en l'apartat 3, el banc d'assaig existent precisa una alternativa al fre mecànic, mecanisme encarregat d'aplicar un parell resistent al motor.

4.1. Possibles solucions

Des d'un principi s'ha pensat en dues possibles solucions:

- Utilització d'un fre de Foucault.
- Utilització d'una màquina de corrent continu que actui com a fre.

4.1.1. Fre de Foucault

Les corrents de Foucault es produeixen quan una superfície de material conductor d'electricitat es desplaça dins d'un camp magnètic creant, al mateix temps, camps magnètics que poden utilitzar-se per frenar, accelerar o mantenir en moviment una càrrega. Aquest tipus de corrents només es generen si existeix moviment relatiu entre el camp magnètic i la superfície metàl·lica.

El fre de Foucault permet que la transmissió es realitzi sense contacte entre els components, fent així que el desgast sigui mínim.

La potència està directament relacionada amb el parell i amb la diferència de velocitats entre cap magnètic i el material conductor. El parell generat és la variable més fàcil de controlar, varia de forma directa amb la intensitat del camp magnètic. Per tant, com més intensitat tingui el camp magnètic, més parell, menys velocitat i viceversa.





Figura 4.1. Disc frenat per corrents de Foucault

4.1.2. Màquina de corrent continu

La màquina de corrent continu s'utilitza per convertir l'energia mecànica en elèctrica, o a la inversa. La màquina que converteix l'energia mecànica en elèctrica s'anomena dinamo mentre que la màquina que converteix l'energia elèctrica en mecànica s'anomena motor.

Aquesta màquina, és una de les més versàtils de la indústria. El seu fàcil control de parell i velocitat l'han convertida en una de les millors opcions en aplicacions de control i automatització de processos.

La màquina de corrent continu és una possible aplicació per substituir el fre de sabates flotants actual. Mitjançant el control de la intensitat aplicada a la màquina, es pot regular el parell de frenada.



Figura 4.2. Parts motor corrent continu



4.2. Elecció de la millor solució

Un cop conegut el funcionament de les dues solucions exposades en l'apartat anterior, es pot afirmar que les dues propostes milloren la solució actual. L'absència de fricció redueix les vibracions i la dissipació d'energia. Un altre avantatge vers el fre mecànic és la facilitat de regulació.

A continuació es presenta una taula amb els pros i contres de cada una de les solucions analitzades.

Fre Foucault	Motor corrent continu
El calor es transmet per radiació.	Per un llarg temps d'utilització, cal un sistema d'evacuació del calor.
Per velocitats petites dóna un parell gairebé inexistent.	Rang de velocitats més ampli.
No són necessaris elements de control per variar el parell resistent.	Regula el parell resistent mitjançant el control de intensitat.
No existeixen al mercat frens de Foucault de mides reduïdes, cal construir-lo.	Existeix gran varietat al mercat.

Taula 4.1. Elecció de la millor solució

Un cop analitzades les dues alternatives, s'ha decidit utilitzar un motor corrent continu com a mecanisme equivalent al fre mecànic.

Des d'un principi s'ha explicat que un dels objectius que es pretén aconseguir amb la creació del nou banc d'assaig, és l'ampliació del rang de motors a assajar. Amb el fre de Foucault, aquest objectiu seria impossible de dur a terme, ja que només dóna bons resultats per a velocitats elevades (motors sense reductor), i no per a motors amb reductor.





5. Desenvolupament de la solució escollida

Seguidament es presenta l'esquema d'un banc d'assaig per a motors de corrent continu amb o sense reductor:

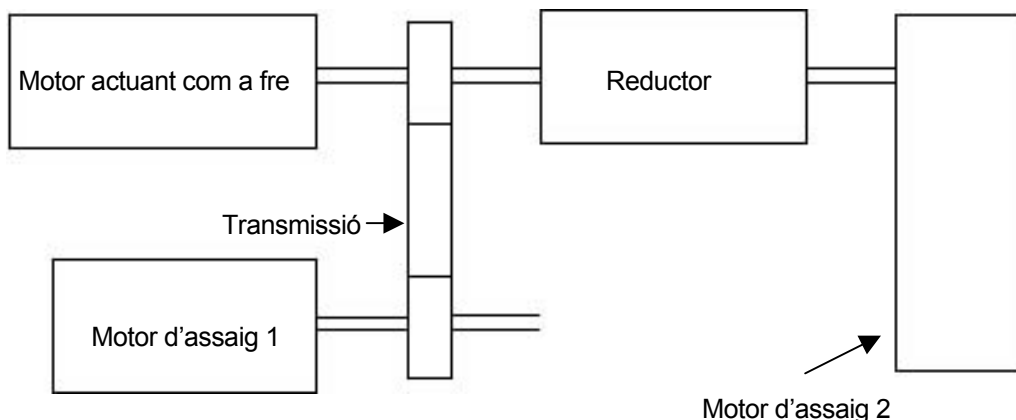


Figura 5.1. Esquema nou banc d'assaig

La solució escollida utilitza tres motors que cal diferenciar entre ells:

	Tipus	Funció
1	Motor corrent continu	Fre
2	Motor corrent continu	Motor d'assaig
3	Motor corrent continu amb reductor visensfi (Moto-reductor)	Motor d'assaig

Taula 5.1. Motors a utilitzar en el banc d'assaig

A continuació s'enumeren els elements seleccionats que componen el banc d'assaig. Els càlculs específics es troben a l'annex A.

5.1. Motor corrent continu actuant com a fre

A partir de les especificacions requerides pel banc d'assaig i presentades en l'annex A, el motor de corrent continu escollit per substituir el fre mecànic de sabates flotants és:

- **Motor corrent continu Maxon motor RE40; n° 148867; U=24V**



Les seves característiques són les següents:

Valors a tensió nominal motor Maxon RE 40			
Característica	Nomenclatura	Valor	Unitats
U. Nominal	U	24	V
Velocitat en el buit	V_0	7580	min^{-1}
Intensitat en buit	I_0	137	mA
Velocitat nominal	n	6930	min^{-1}
Parell nominal	M	170	mNm
Intensitat nominal	I	5,77	A
Parell d'arrencada	Γ	2280	mNm
Intensitat arrencada	I_{arrac}	75,7	A
Màxim rendiment	$\eta_{\text{màx}}$	91	%
Potència màxima	$P_{\text{màx}}$	150	W

Taula 5.2. Valors a tensió nominal motor Maxon RE 40

5.2. Motors d'assaig

El nou banc d'assaig, permet assajar dos tipus de motors:

- Motors de corrent continu
- Moto-reductors de corrent continu

5.2.1. Motors de corrent continu

El banc d'assaig està dissenyat per poder assajar motors de corrent continu de característiques nominals iguals o inferiors al motor 1 (motor actuant com a fre).

El rang de potències va des de 60W fins a un màxim de 150W.



5.2.2. Moto-reductors

Els moto-reductors estudiats pertanyen a un dels principals fabricants de motors netejaparabrises. Aquest estudi es troba a l'annex A.

La utilització de moto-reductors obliga a emprar un element intermig entre el motor¹ (motor actuant com a fre) i el moto-reductor a assajar, degut a la gran diferència de parell.

L'element intermig que ens permet realitzar l'assaig és un reductor planetari. Les altes reduccions i prestacions en un espai reduït fan que l'element sigui l'escollit per l'aplicació.

La major part dels moto-reductors netejaparabrises es troben dins els següents intervals:

- U. nominal = 24V
- n. nominal = 16 – 125 min⁻¹
- M. nominal = 0,5 – 6 Nm
- Potència= 0,8 – 78,5W

El reductor escollit és:

- **Reductor planetari GP 42 C**

Característiques	Valors	Unitats
Reducció	1:53	
Moment d'inèrcia	15	gcm ²
Diàmetre màxim de l'eix del motor	10	mm
Nombre d'etapes	3	
Màxim parell permanent	15	Nm
Màxim parell admissible de forma intermitent	22,5	Nm
Rendiment	72	%

Taula 5.3. Característiques reductor planetari





6. Selecció dels elements de mesura i de control

6.1. Dinamòmetre

El dinamòmetre és un instrument fabricat per mesurar forces i parells.

En aquest projecte, el dinamòmetre és una peça clau per poder obtenir la corba característica parell/velocitat de gir d'un moto-reductor de corrent continu, emprat en l'accionament d'un neteja-parabrises.

El dinamòmetre consta de dos elements:

- Cèl·lula de càrrega
- Amplificador
 - **Cèl·lules de càrrega**

Les cèl·lules de càrrega són transductors de força. Aquestes es basen en la relació lineal que hi ha entre la força aplicada a la cèl·lula i la deformació local que aquesta experimenta en certes zones.

Existeixen diferents tipus de cèl·lules de càrrega:

- Biga: deformació per flexió.
- Biga a força tallant: deformació per força tallant aplicada perpendicularment a l'element.
- Anell: deformació a flexió.
- Columna: deformacions tracció-compressió.
- Molla helicoïdal: La força tracció-compressió aplicada provoca una deformació per torsió.



Figura 6.1. Exemples cèl·lules de càrrega



La deformació es mesura mitjançant galgues extensomètriques que presenten una variació de la resistència elèctrica en funció de la deformació.

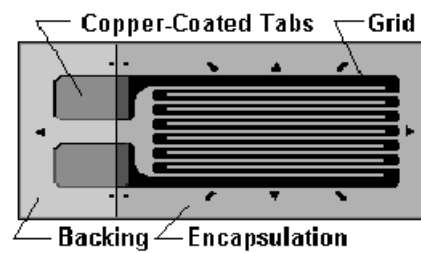


Figura 6.2. Galga extensomètrica

Les galgues extensomètriques consten d'una pista conductora disposada de forma que, el fil conductor, presenti una gran longitud en la direcció en la qual es vol mesurar la deformació.

Les galgues extensomètriques són elements de tipus resistiu. El seu funcionament es basa en el canvi de resistència elèctrica que sofreix un fil conductor en variar la longitud. Per tant, es pot determinar la variació de longitud que experimenta la galga mesurant la variació de resistència que presenta.

La variació de resistència es tradueix en tensió, muntant les galgues extensomètriques en un pont de Wheatstone.

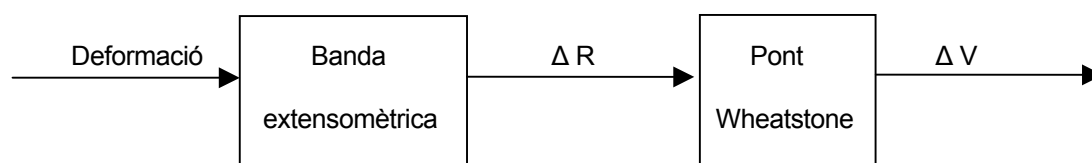


Figura 6.3. Diagrama de blocs d'una mesura amb galgues extensomètriques

Seguidament es mostra un esquema del Pont de Wheatstone.

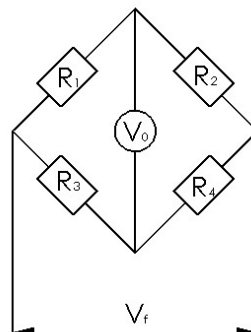


Figura 6.4. Pont de Wheatstone



- **Amplificador**

L'amplificador és l'aparell que alimenta, amb corrent elèctric controlat, les galgues extensomètriques i el pont. Permet llegir la variació de tensió que es produeix en el pont.

Cal calibrar el dinamòmetre per poder associar una variació de tensió a una força. Aquesta mesura permetrà calcular el parell de gir del motor.

6.1.1. Elements escollits

Per al banc d'assaig s'ha escollit una cèl·lula de càrrega de flexió de la casa "Uticell". En l'annex E es troben totes les característiques.

- Característiques principals:
 - Cèl·lula de càrrega de flexió.
 - Suport elàstic d'acer aleat.
 - Gran precisió en càrregues descentrades.
 - Tractament anticorrosiu de níquel dur.

Concretament, el model escollit és:

Model	Carrega nominal	Classe de precisió	Divisió mínima	Càrrega de servei
		n	vmin	
160 20kg	20 kg	3000	2g	30kg

Taula 6.1. Característiques cèl·lula escollida

- Càrrega nominal: La càrrega màxima normal per la que ha estat dissenyada la cèl·lula de càrrega.
- Classe de precisió: Indica que l'error de la mesura serà inferior al valor obtingut de dividir el rang net d'utilització de la cèl·lula entre el número de divisions n especificat. Com a límit inferior d'aquest error s'agafarà el valor mínim de verificació vmin.
- Càrrega de servei: Càrrega superior a la capacitat nominal on la cèl·lula pot treballar mantenint les especificacions nominals.



Pel que fa a l'amplificador s'ha escollit un aparell de la marca "HBM". Les especificacions d'aquest instrument es troben a l'annex E.

6.2. Encòder

Aquest dispositiu s'encarrega de realitzar la mesura de velocitats angulars i va solidari a l'eix del motor Maxon RE 40 (motor actuant com a fre).

Els tipus d'encòder es diferencien bàsicament amb la filosofia de funcionament. Aquests poden ser incrementals o absoluts.

- **Encòder òptic incremental**

La seva forma més senzilla consisteix en:

- Disc transparent amb unes marques radials i equidistants entre elles, alternant línies opaques amb espais transparents.
- Sistema d'il·luminació (foto-emissor).
- Element foto-receptor

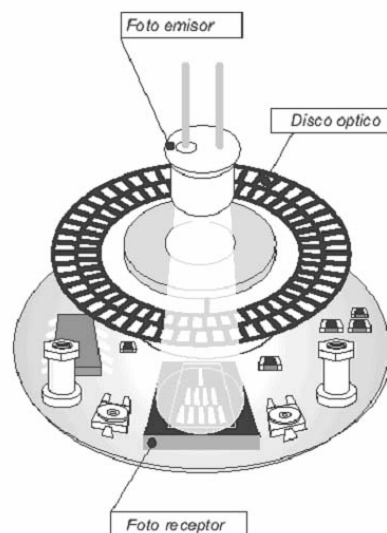


Figura 6.5. Encòder Incremental

El sistema de lectura dels encòders es basa en la rotació del disc graduat. Aquest conjunt és il·luminat de forma perpendicular per una font de raig òptic. El disc projecta d'aquesta manera la seva imatge sobre la superfície de varis receptors.



Els receptors tenen com a missió detectar les variacions de llum que es produeixen amb el desplaçament del disc i convertir-les amb les corresponents variacions elèctriques.

L'eix del qual es mesura la posició va acoblat mecànicament al disc transparent. A mesura que l'eix gira, l'encòder va generant polsos permetent conèixer la posició de l'eix.

L'encòder incremental proporciona dues formes de ones quadrades desfasades entre sí 90° , canal A i canal B. Amb la lectura d'un sol canal es disposa de la informació corresponent a la velocitat de rotació. El canal B, permet conèixer el sentit de gir segons la seqüència que produeixen ambdós senyals. Existeix a més a més un altre senyal anomenat canal Z o Zero, que proporciona una posició absoluta del zero de l'eix de l'encòder.

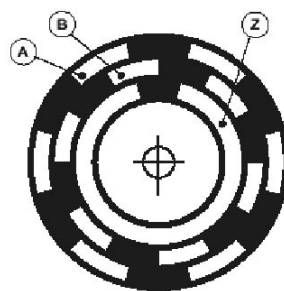


Figura 6.6.Representació dels canals en un encòder incremental

La resolució de l'encòder dependrà del número de marques que es poden situar físicament al disc.

- **Encòder òptic Absolut**

El principi de funcionament d'un encòder absolut és molt semblant al d'un encòder incremental en el qual un disc que gira amb zones transparents i opaques que interrompen un raig de llum captat per foto-receptors. Després, aquests transformen els impulsos lluminosos en impulsos elèctrics els qual són tractats i transmesos per l'electrònica de sortida.

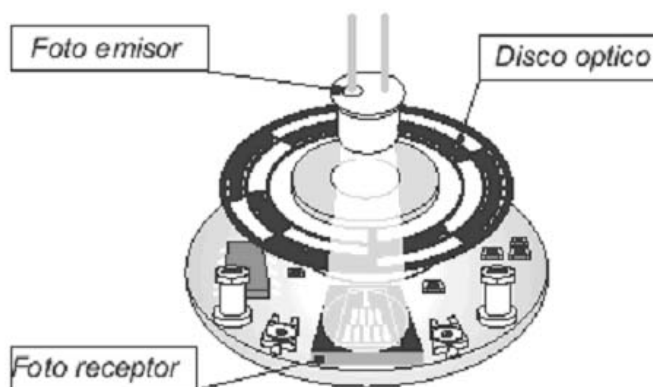


Figura 6.7. Encòder incremental



Respecte als encòders incrementals, els encòders absoluts mostren importants diferències des del punt de vista funcional. Mentre que en els encòders incrementals la posició està determinada per nombre de polsos respecte a la marca de zero, en els absoluts la posició queda determinada mitjançant la lectura del codi de sortida, única per cada una de les posicions del disc.



Figura 6.8. Encòder incremental (esquerra), absolut (dreta)

6.2.1. Encòder escollit

L'encòder escollit és del tipus incremental ja que dona la velocitat mitjana de gir, la lectura de l'increment d'angle i alhora és més econòmic

- Encòder HEDS 5540, 500 ppv, 3 canals

Variable	Valor	Unitats
Nombre de polsos per volta	500	
Nombre de canals	3	
Màxima freqüència de funcionament	100	kHz
Diàmetre de l'eix	4	mm

Taula 6.2. Característiques de l'encòder escollit

6.3. Control voltatge

Pel control de voltatge necessari pel funcionament dels motors d'assaig, s'utilitzarà una font estàndard regulada per tensió.



6.4. Control intensitat

Tal com s'ha explicat al llarg del projecte, el motor Maxon RE40 ha de proporcionar un parell resistent al motor d'assaig.

Una possible opció per controlar la intensitat, és l'ús d'un servoamplificador de la marca *“Maxon”*.

- **ADS Servoamplificador 4-Q-DC**

Les especificacions del servoamplificador es troben a l'annex E.





7. Disseny del banc d'assaig

El disseny mecànic no és una tasca trivial. Abans d'arribar a la solució definitiva cal presentar varies alternatives que poc a poc es van millorant fins aconseguir el disseny desitjat.

7.1. Solucions proposades

Seguidament, es mostren les diferents alternatives que s'han proposat al llarg de la realització del projecte.

7.1.1. Banc d'assaig per a motors de corrent continu

L'esquema de banc d'assaig presentat en l'apartat 6, permet l'assaig de dos tipus de motors i comparar-ne les seves corbes característiques.

- **Càlcul de la transmissió**

Per poder dur a terme aquesta solució, primer cal escollir i definir la transmissió a utilitzar. Els càlculs detallats de la transmissió es troben a l'annex B.

Existeixen diferents elements flexibles de transmissió:

- Corretges
- Cadenes
- Engranatges
- Eixos

Per la transmissió del banc d'assaig, cal escollir entre la utilització de corretja o cadena. Aquests elements són els més adients per l'aplicació degut a la separació entre eixos, i que econòmicament són més assequibles. A continuació es presenta una taula amb els seus avantatges i inconvenients.



	Avantatges	Inconvenients
Corretja	<ul style="list-style-type: none"> - Funcionament silenciós - Capacitat d'absorció de xocs - Senzilla disposició i desacoblament - Econòmic per grans distàncies - Facilitat per canviar la relació de transmissió 	<ul style="list-style-type: none"> - Sobrecàrrega dels eixos degut a la tensió inicial - Possible patinament - Control tensat - Malmetement per factors ambientals
Cadena	<ul style="list-style-type: none"> - Més capacitat de transmissió - Menys malmetement per factors ambientals - No requereix tensat 	<ul style="list-style-type: none"> - Més pes - Transmissió sorollosa - Velocitat màxima inferior a la de les corretges - Necessitat de muntatge i manteniment més precís - Cost més elevat - Lleugera oscil·lació de la velocitat durant el funcionament

Taula 7.1. Avantatges i inconvenients del sistema de transmissió

Un cop analitzats els avantatges i inconvenients dels sistemes de transmissió, s'ha decidit fer ús d'una transmissió per corretja.

Els mecanismes de corretja-politja són els encarregats de transmetre la rotació entre dos arbres (paral·lels o no), mitjançant el fregament generat entre la politja i la corretja. S'exceptuen les corretges dentades on la transmissió s'assegura per empenta.

Aquest mecanisme s'utilitza sempre que es desitgi transmetre el moviment entre dos arbres en posicions relatives qualsevols, quan la distància és excessiva o quan es desitja flexibilitat en la connexió.



Existeixen una gran varietat de tipus i formes de corretges:

- Corretges planes: Permeten radis de politja petits perquè són molt flexibles. Requereixen una tensió de muntatge alta. Transmeten potències i velocitats elevades. Rendiment de l'ordre del 96-98%.

- Corretges Trapezials: Aquests tipus de corretges són més gruixudes i menys flexibles que les anteriors, per tant requereixen uns radis mínims de politja més grans. Les velocitats màximes a transmetre també són inferiors. D'altra banda a igualtat de potència a transmetre requereixen menys tensió inicial que les planes. El rendiment és de l'ordre del 92-94%.

- Corretges dentades: Transmeten la potència per arrossegament de forma i garanteixen el sincronisme entre òrgan conductor i òrgan conduït. Les potències són anàlogues a les de les corretges trapezials però les velocitats són superiors. Requereixen tensions de muntatge mínimes. El rendiment és de l'ordre del 96-98%.

En aquesta aplicació interessa:

- Mantenir una relació de transmissió constant
- Ús de politges petites degut a les dimensions del banc.
- Tensió de muntatge mínima.

El tipus de corretja escollit per realitzar la transmissió de potència és la corretja dentada.

Un cop coneguts els elements que han de compondre la transmissió, sols queda realitzar els càlculs necessaris per poder definir les dimensions del banc d'assaigs.

Els càlculs que defineixen la transmissió es troben detallats a l'annex B. Seguidament es presenta una taula amb els valors més característics.

Els components seleccionats per a la realització de la transmissió són de la marca "Optibelt".



Característiques	Nomenclatura	Valors	Unitats
Perfil de la corretja		ZRM T 2,5	
Espai entre dents	t	2,5	mm
Amplada corretja	b_{th}	6	mm
Longitud de la corretja	L_{wSt}	317,5	mm
Distància entre centres	a	98,75	mm
Diàmetre exterior politja conductora	d_{w1}	38,2	mm
Diàmetre exterior politja conduïda	d_{w2}	38,2	mm
Relació transmissió	i	1	mm
nº de dents de la politja conductora	z_1	48	dents
nº de dents de la politja conduïda	z_2	48	dents

Taula 7.2. Característiques transmissió

La primera proposta de bancada:

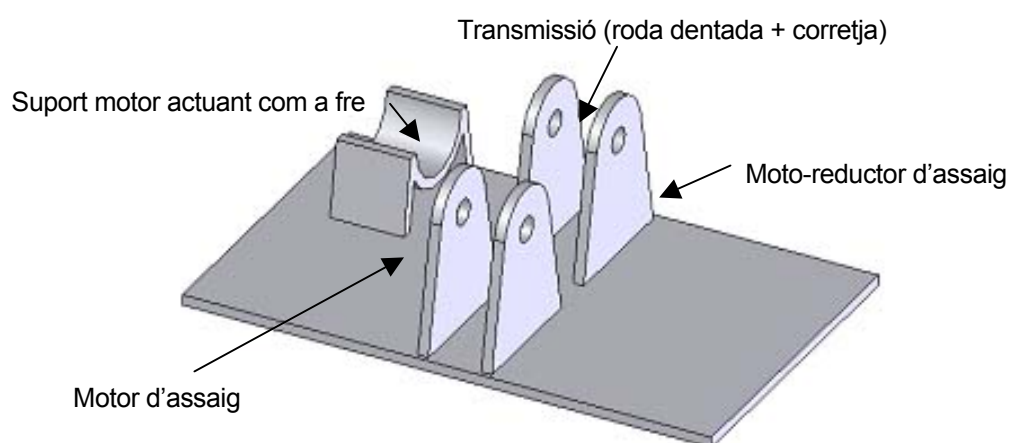


Figura 7.1. Proposta 1: Bancada per motors de corrent continu



- Problema:

El suport del motor dificulta la col·linealitat de l'eix del motor actuant com a fre amb l'eix de la transmissió i el reductor.

7.1.2. Mètode de tensat

A continuació es presenta un banc d'assaig en el qual es solucionen els problemes anteriors i es pensa en un mètode de tensat per la transmissió.

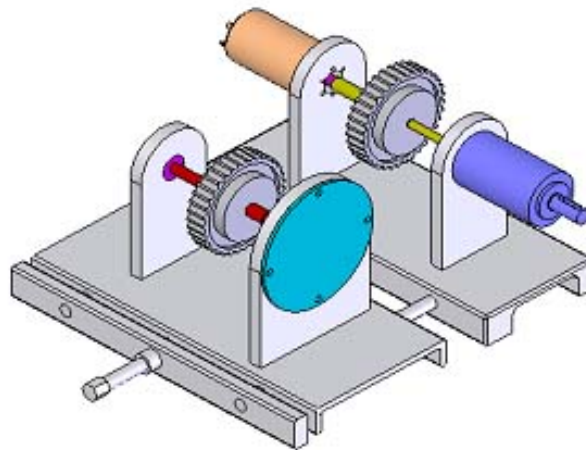


Figura 7.2. Proposta 2: Mètode tensat

En aquest cas, tant el motor com el reductor es troben collats a la bancada mitjançant unions cargolades.

Per solucionar el problema de muntatge/desmuntatge, s'ha cregut convenient la utilització d'una tapeta que ens permeti introduir l'eix, els rodaments i la roda dentada fàcilment en la bancada.

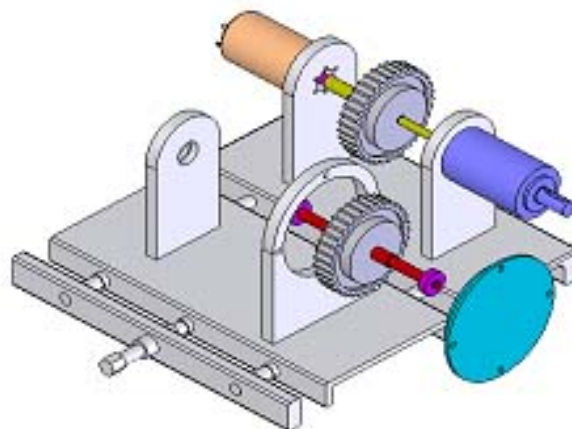


Figura 7.3. Proposta 3: Utilització tapeta



El mètode de tensat permet tensar la corretja mitjançant el moviment de la part inferior de la bancada.

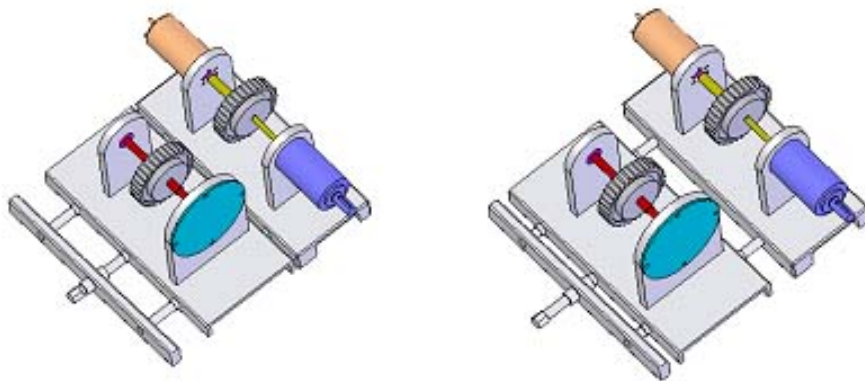


Figura 7.4. Proposta 4: Tensat de la corretja

- Problema:

El mètode de tensat compost per una plataforma i dues guies paral·leles pot provocar encavalcament de les guies, dificultant el moviment o impedit-lo totalment.

7.1.3. Millora banc d'assaig per a motors de corrent continu

En l'apartat anterior s'explica un mètode de tensat a base d'una plataforma mòbil, el qual s'ha refusat per possibles problemes d'encavalcament de les guies.

Seguidament es presenta un nou mètode de tensat mitjançant un corró tensor.

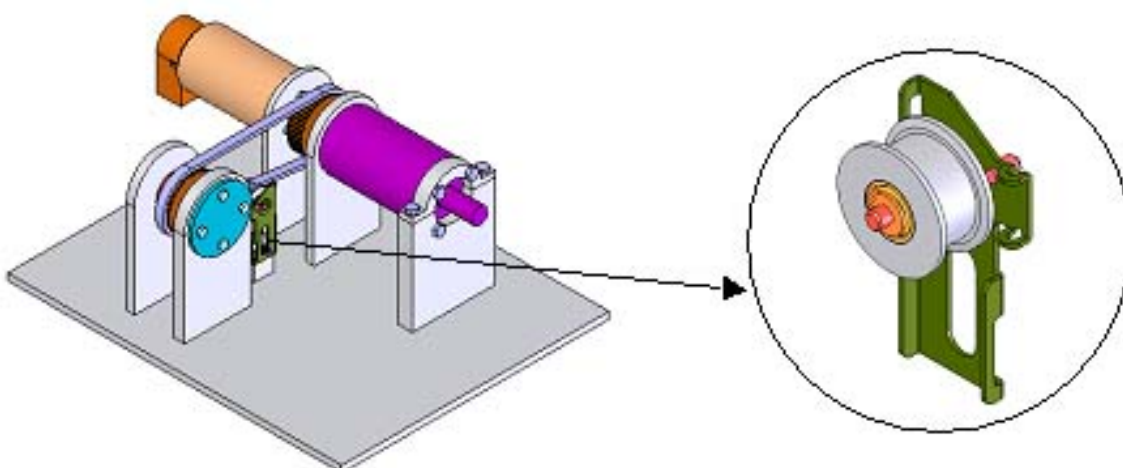


Figura 7.5. Proposta 5: Banc d'assaig per a motors de corrent continu



- Problema:

La bancada proposada uneix les diferents peces mitjançant soldadura. Això complica la bona alineació entre els diferents suports i la seva col·linealitat.

Fins ara no s'ha pensat en la unió dels motors d'assaig ni en la disposició de la cèl·lula de càrrega. La solució es presentarà en el següent apartat juntament amb el disseny definitiu del banc.





8. Disseny del nou banc d'assaig

Anteriorment s'han explicat algunes de les solucions proposades al llarg de la realització del projecte. Juntament amb cada una de les propostes, s'ha especificat els motius pels qual es descarten.

Els principals problemes que s'ha intentat resoldre en el disseny definitiu són:

- Col·linealitat dels eixos.
- Alineació entre els elements de la bancada.
- Sistema de tensat.
- Facilitat de construcció.
- Muntatge i desmuntatge.
- Utilització de diferents motors d'assaig.

A continuació es mostren les dues disposicions que permet el nou disseny del banc d'assaig.

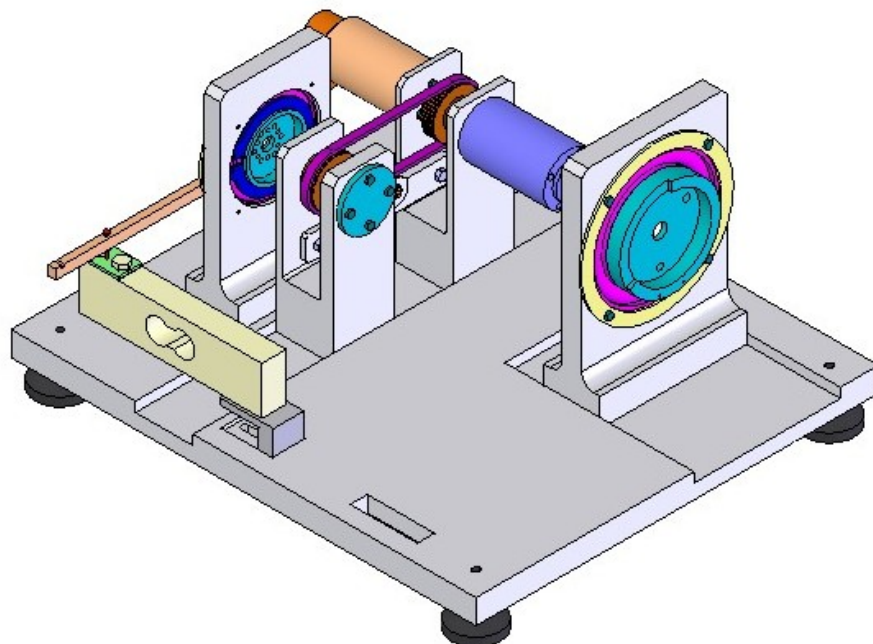


Figura 8.1. Banc d'assaig: disposició 1



La disposició 1, on la cèl·lula de càrrega és perpendicular a la tija, permet l'assaig de motors de corrent continu. Per tal d'assegurar una bona presa de mesures cal que la tija es mantingui en posició horitzontal (paral·lela a la plataforma inferior). Això s'ha aconseguit amb la col·locació un cargol i una femella a través de la tija. En el disseny també s'ha previst la necessitat de calibrar el dinamòmetre mitjançant una ranura en la tija.

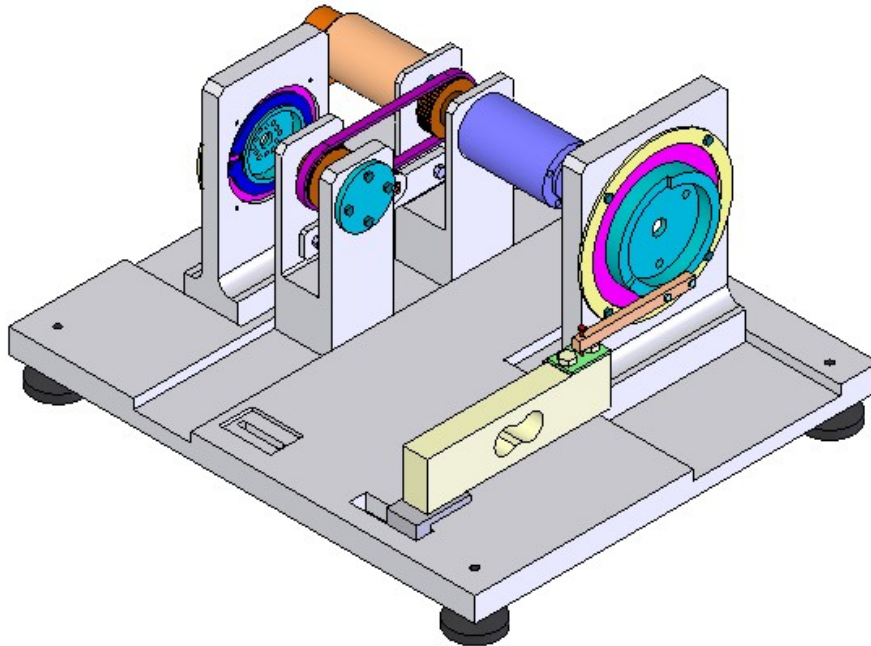


Figura 8.2. Banc d'assaig: disposició 2

La disposició 2, on la cèl·lula de càrrega és paral·lela a la tija2, permet l'assaig de motoreductors.



8.1. Elements constitutius

En aquest apartat s'especifiquen els diferents elements que constitueixen el nou banc d'assaig. Posteriorment s'analitzarà cada component per separat per tal de conèixer les seves característiques.

Identificació	Denominació	Unitats
1	Suport_1	1
2	Suport_2	2
3	Suport_3	1
4	Suport_4	1
5	Suport_tensor	1
6	Suport_cèl·lula-càrrega	1
7	Plataforma_inferior	1
8	Motor Maxon RE40 -148867	1
9	Reductor planetari Maxon GP42 - 203121	1
10	Encòder Maxon HEDS 5540-110513	1
11	Politja dentada _1- Optibelt 16 T2.5/48-0	1
12	Politja dentada _2- Optibelt 16 T2.5/48-0	1
13	Corretja dentada Optibelt ZRM T 2,5	1
14	Tensor SS-3	1
15	Cèl·lula de càrrega	1
16	Eix 1	1
17	Eix 2	1
18	Rodaments SKF 628/6-2Z	2



Identificació	Denominació	Unitats
19	Rodament SKF 16010	1
20	Rodament SKF 16014	1
21	Peça intermitja_moto-reductor	1
22	Peça intermitja_motor	1
23	Tapeta	1
24	Tapeta_suport_moto-reductor	1
25	Tapeta_suport_moto	1
26	Tija	1
27	Platina	1
28	Posicionador	1
29	Piu	2
30	Pota- A040/001	4
31	Cargol M2x12	2
32	Cargol M2x18	1
33	Rosca M2 NF E 27-110	1
34	Cargols M3x14 - NF 27-311,classe 8,8	28
35	Cargols M5x22 - NF 27-311,classe 8,8	3
36	Rosca M5 NF E 27-110	2
37	Cargols M6x10 - NF 27-311,classe 8,8	4
38	Cargols M8x28 - NF 27-311,classe 8,8	8
39	Cargols a pressió M4-10, NF E 27-110	2
40	Circlip 6x0,7 - NF E 22-163	1



Identificació	Denominació	Unitats
41	Circlip 50x2- NF E 22-163	1
42	Circlip 70x2,5 - NF E 22-163	1

Taula 8.1. Elements constitutius del banc d'assaig

8.2. Components de sèrie

Els elements de sèrie, són aquelles peces que no requereixen fabricació pròpia, sinó que corresponen a elements triats mitjançant catàleg i subministrats per distribuïdors.

Identificació	Denominació	Unitats	Proveïdor
8	Motor Maxon RE40 -148867	1	Maxon motor
9	Reductor planetari Maxon GP42 - 203121	1	Maxon motor
10	Encòder Maxon HEDS 5540-110513	1	Maxon motor
11	Politja dentada _1- Optibelt 16 T2.5/48-0	1	Optibelt
12	Politja dentada _2- Optibelt 16 T2.5/48-0	1	Optibelt
13	Corretja dentada Optibelt ZRM T 2,5	1	Optibelt
14	Tensor SS-3	1	York Industries
15	Cèl·lula de càrrega	1	Uticell
18	Rodaments SKF 628/6-2Z	2	SKF
19	Rodament SKF 16010	1	SKF
20	Rodament SKF 16014	1	SKF
30	Pota- A040/001	4	Nutech-eng
31	Cargol M2x12	4	
32	Cargol M2x18	1	
33	Rosca M2 NF E 27-110	1	



Identificació	Denominació	Unitats	Proveïdor
34	Cargols M3x14 - NF 27-311, classe 8,8	28	
35	Cargols M5x22 - NF 27-311, classe 8,8	3	
36	Rosca M5 NF E 27-110	2	
37	Cargols M6x10 - NF 27-311, classe 8,8	4	
38	Cargols M8x28 - NF 27-311, classe 8,8	8	
39	Cargols a pressió M4-10, NF E 27-110	2	
40	Circlip 6x0,7 - NF E 22-163	1	
41	Circlip 50x2- NF E 22-163	1	
42	Circlip 70x2,5 - NF E 22-163	1	

Taula 8.2. Elements de sèrie

8.3. Components dissenyats

Els components dissenyats són totes aquelles peces que han de ser especialment dissenyades per aquesta aplicació en concret.

La seva fabricació es realitza segons el plànol corresponent.



Identificació	Nº.plànol	Denominació	Material	Unitats
1	2	Suport_1	AlZn6MgCu	1
2	3	Suport_2	AlZn6MgCu	1
3	4	Suport_3	AlZn6MgCu	1
4	5	Suport_4	AlZn6MgCu	1
5	6	Suport_tensor	AlZn6MgCu	1
6	7	Suport_cèl·lula-càrrega	AlZn6MgCu	1
7	8	Plataforma_inferior	AlZn6MgCu	1
16	11	Eix 1	Acer 2C25	1
17	12	Eix 2	Acer 2C25	1
21	13	Peça intermitja_moto-reductor	Acer 2C25	1
22	14	Peça intermitja_motor	Acer 2C25	1
23	15	Tapeta	AlZn6MgCu	1
24	16	Tapeta_suport_moto-reductor	AlZn6MgCu	1
25	17	Tapeta_suport_motor	AlZn6MgCu	1
26	18	Tija	Acer 2C25	2
27	20	Platina_cèl·lula càrrega	Acer 2C25	2
28	21	Posicionador	Acer 2C25	1
29	22	Piu	AlZn6MgCu	2

Taula 8.3. Components de disseny

En els següents apartats a més de fer una descripció, s'especificarà el material escollit i es descriurà a grans trets el procés de fabricació.



8.3.1. Suport 1

- Número de peça: 1

- Unitats: 1

- **Material**

Per a la fabricació d'aquesta peça s'utilitzarà un aliatge d'alumini; AlZn6MgCu (L 3710 segons UNE, 7075 segons AA). Aquest material forma part del grup d'aliatges d'alumini bonificats i més concretament dins el grup Al-Zn.

Ja que la peça consta de forats roscats, la característica principal que es busca és l'alta resistència. El AlZn6MgCu, és un material amb una resistència mecànica elevada, però presenta una menor resistència a la soldabilitat i a la corrosió.

- **Descripció**

El disseny d'aquest suport ve definit bàsicament per la geometria de l'eix del motor. La part que subjecta el motor Maxon 40, ha de ser suficientment gruixuda per aguantar el pes del motor, però, d'altra banda, suficientment prima per permetre la disposició desitjada. L'espai intermitg del suport ve limitat per l'amplada de la roda dentada. En tot moment s'ha tingut present l'espai necessari per al muntatge i desmuntatge.

La unió d'aquest dos suports en un de sol, facilita la realització dels forats assegurant així la seva col·linealitat.

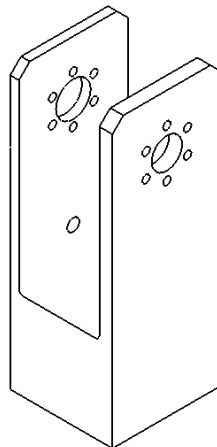


Figura 8.3. Bancada –Suport 1

El suport es troba unit a la plataforma inferior mitjançant dos cargols. Un piu és l'encarregat de posicionar les dues peces.



- **Fabricació**

Per a la fabricació dels suport 1, es parteix d'un bloc d'alumini de dimensions 50x133x53mm. Per a l'obtenció de la peça final, es sotmet el perfil inicial a una fresat per aconseguir el contorn desitjat. Posteriorment es realitzaran els forats necessaris per subjectar el motor mitjançant un taladrat i es mandrina el forat central.

8.3.2. Suport 2

- Número de peça: 2

- Unitats: 1

- **Material**

Per a la fabricació d'aquesta peça s'utilitzarà un aliatge d'alumini; AlZn6MgCu, igual que en el cas anterior.

- **Descripció**

Aquest peça és molt similar a l'anterior. En aquest cas, el disseny del suport ve marcat pel gruix dels rodaments, les unions cargolades i l'amplada del suport 1.

Un dels punts més importats a l'hora de decidir la geometria d'aquest suport, és mantenir la mateixa amplada exterior que en el suport 1. Això permetrà alinear els suports mitjançant una guia a la plataforma inferior.

Les unions cargolades i els rodaments acaben de definir la peça. Cal tenir present la realització de forats roscats en la part de la peça que s'uneix amb la tapeta, i un rebaix per subjectar el rodament axialment en l'altra. Amb el disseny dels suports 1 i 2 s'aconsegueix una bona col·linealitat dels eixos dels diferents elements.

El suport es troba unit a la plataforma inferior mitjançant cargols. Un piu és l'encarregat de posicionar les dues peces.



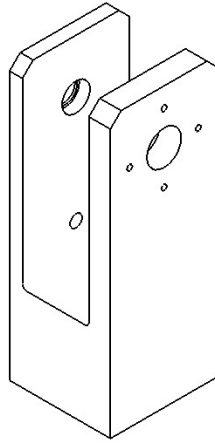


Figura 8.4. Bancada -Suport2

- **Fabricació**

Per a la fabricació dels suport segueixen els mateixos passos que pel suport 1. Es parteix d'un bloc d'alumini de dimensions 50x133x53mm Per realitzar la peça final, es sotmet el perfil inicial a un mecanitzat clàssic, torn i fresadora. Posteriorment cal rectificar les zones que ho necessitin.

8.3.3. Suport 3

- Número de peça: 3

- Unitats: 1

- **Material**

La peça es construirà amb aliatge d'alumini; AlZn6MgCu.

- **Descripció**

Aquesta peça és l'encarregada de subjectar el motor d'assaig sense reductor.

El disseny d'aquesta peça ha estat complicat degut a les petites dimensions del banc d'assaig. Aquest suport ha de subjectar un rodament rígid de boles, permetent així, la basculació de la carcassa del motor. Aquest peça ha de ser desplaçable, facilitant el muntatge de la peça intermitja i la unió dels eixos mitjançant un acoblament elàstic.

Per fixar els rodaments axialment, el suport té un forat interior esglaonat i la presència de quatre forats roscats on s'uneix una tapeta. El suport, es troba unit a la plataforma inferior mitjançant dos cargols.



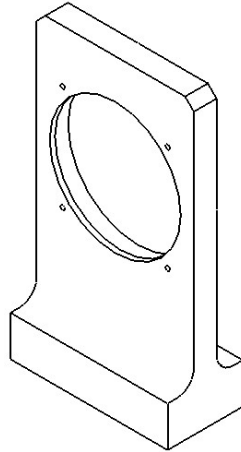


Figura 8.5. Bancada-suport3

- **Fabricació**

En aquest cas la peça presenta un perfil més senzill. Es parteix d'un bloc d'aliatge d'alumini AlZn6MgCu de dimensions 93x46x168mm. La fabricació es porta a terme mitjançant la utilització d'una fresadora per aconseguir el contorn. Els forats roscats es realitzaran mitjançant un tornejat. El forat central es realitzarà mitjançant un mandrinat. Per últim cal rectificar les zones que ho necessitin.

8.3.4. Suport 4

- Número de peça: 4

- Unitats: 1

- **Material**

El material utilitzat és aliatge d'alumini; AlZn6MgCu.

- **Descripció**

Aquesta peça és l'encarregada de subjectar el motor d'assaig amb reductor.

En aquest cas, les petites dimensions del banc han estat novament un problema per al disseny de la peça. A més a més, cal tenir en compte la dificultat afegida deguda a la geometria dels moto-reductors.

Aquest suport també presenta un forat interior esglaonat i els quatre forats roscats. A l'igual que en el cas anterior, el suport es troba unit a la plataforma inferior mitjançant dos cargols.



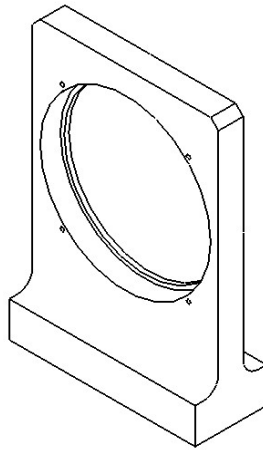


Figura 8.6. Bancada-suport4

- **Fabricació**

En aquest cas la peça es fabrica seguint els mateixos passos que en el suport 3. En aquest les dimensions del bloc inicial són 123x49x178mm.

8.3.5. Suport tensor

- Número de peça: 5

- Unitats: 1

- **Material**

El material utilitzat és aliatge d'alumini; AlZn6MgCu.

- **Descripció**

Les dimensions venen determinades per la separació entre els eixos de la transmissió. Els dos forats dels extrems permeten subjectar la peça als suport 1 i 2. Els forats situats al centre del suport, tenen la finalitat d'aguantar i guiar el tensor.

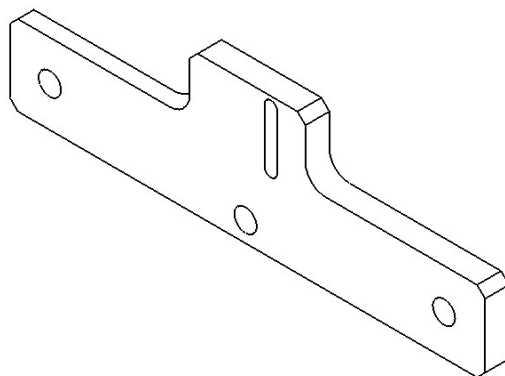


Figura 8.7. Bancada-Suport_tensor



- **Fabricació**

La fabricació d'aquesta peça consta de dos processos de fabricació, fresat i tornejat. Es parteix d'un bloc de dimensions 23x9x122mm. Mitjançant una fresadora s'aconsegueix el perfil exterior i el forat colís. Els forats passants es realitzen amb un taladrat.

8.3.6. Suport-cèl·lula-càrrega

- Número de peça: 6

- Unitats: 1

- **Material**

El material utilitzat és aliatge d'alumini; AlZn6MgCu.

- **Descripció**

El disseny ve determinat per les dimensions de la cèl·lula de càrrega escollida.

La peça consta d'un forat roscat que permet la unió amb la plataforma inferior.

La peça és la mateixa en ambdues disposicions.

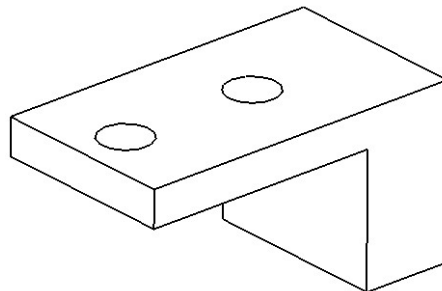


Figura 8.8. Suport cèl·lula de càrrega

- **Fabricació**

Es parteix d'un bloc de AlZn6MgCu de dimensions 26x28x47 mm. Un fresat permet aconseguir el perfil desitjat. Posteriorment cal realitzar el forat roscat mitjançant un tornejat i els forats passants amb un taladrat.

8.3.7. Plataforma inferior

- Número de peça: 7

- Unitats: 1



- **Material**

El material utilitzat és aliatge d'alumini; AlZn6MgCu.

- **Descripció**

La peça consisteix en una placa on s'hi collen el suports presentats anteriorment. Cal recordar també la existència de dos forats que permeten la col·locació dels pius.

Per a la bona alineació dels diferents elements del conjunt, la peça consta de tres guies. Degut a la necessitat d'assajar diferents motors, s'ha previst forats colissos per als suports 3 i 4 i per al suport de la cèl·lula de càrrega.

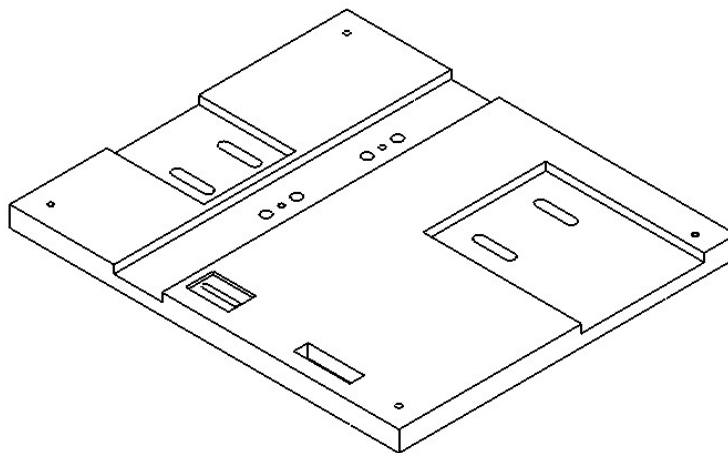


Figura 8.9. Bancada-Plataforma _inferior

- **Fabricació**

El bloc inicial té les següents dimensions 384x333x23mm. La peça es realitza mitjançant dos operacions. Primerament cal un fresat per a la realització de les guies i forats colissos. Posteriorment un taladrat permetrà la realització dels forats.

8.3.8. Eix 1

- Número de peça:16

- Unitats: 1



- **Material**

Els arbres de petites dimensions i baixa responsabilitat es poden realitzar amb qualsevol tipus d'acer sense tractar.

El material escollit per la fabricació d'aquest eix és: Acer 2C25 UNE 36.054, indicat per a arbres sotmesos a baixes sol·licitacions.

- **Descripció**

L'eix 1 és la peça encarregada de transmetre el moviment des de la transmissió fins al reductor.

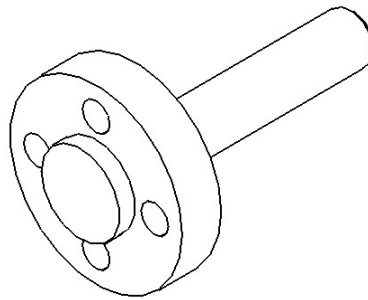


Figura 8.10. Eix 1

Tal com es pot observar en la figura superior, l'eix disposa d'uns forats roscats de mètrica 3, que permeten la transmissió de potència mitjançant la unió amb la politja. D'aquesta manera s'aconsegueix que la politja dentada i l'eix siguin solidaris. És necessari crear un petit esglaó en la part frontal de la peça per facilitar el centratge de l'eix respecte la transmissió.

- **Fabricació**

Per a la fabricació d'aquesta peça es parteix d'una barra cilíndrica d'acer de 22mm de diàmetre i 38 de llargada. El material d'aquest eix serà Acer 2C25, tal com s'ha especificat anteriorment. A partir d'aquest moment es cilindrà amb el torn fins a obtenir els diàmetres desitjats. Posteriorment cal taladrar els forats per a les unions roscades i rectificar les zones que ho necessitin.

8.3.9. Eix 2

- Número de peça: 17

- Unitats: 1



- **Material**

En aquest cas es tracta d'un arbre de petites dimensions i baixa sol·licitació, per tant, el material escollit és Acer 2C25 UNE 36.054.

- **Descripció**

Aquesta peça té un disseny important ja que en ella s'hi recolzen diferents elements.

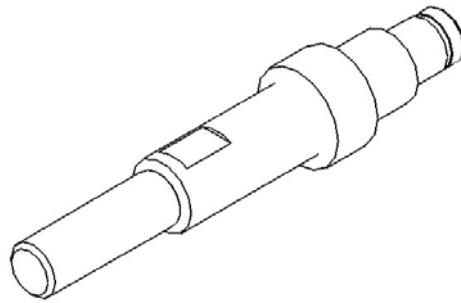


Figura 8.11. Eix 2

L'arbre presenta un disseny escalonat. D'una banda es pretén situar la roda dentada en la posició correcta per la transmissió de potència, i per l'altra, la col·locació d'un presoner i per evitar el moviment axial dels rodaments. La ranura on es situa el presoner es realitza mitjançant una fresadora.

En el nou banc d'assaig s'ha previst la unió politja - eix mitjançant un cargol de pressió degut a les baixes sol·licitacions a suportar. És per aquest motiu, que en el disseny de l'eix 2 s'ha creat una zona plana on es permet recolzar el cargol a pressió. L'eix del motor Maxon RE 40, també requereix la creació d'una zona plana amb la mateixa finalitat que en l'eix 2.

El fet que en els extrems de l'arbre es troben situats dos rodaments, obliga a realitzar un mecanitzat més fi en aquestes zones.

- **Fabricació**

Per fabricar aquesta peça es parteix d'una barra cilíndrica d'acer de diàmetre 14mm i 60mm de llargada. Aquest bloc es torneja fins aconseguir el perfil desitjat. Posteriorment, mitjançant una fresadora, es realitza la zona plana on es recolza el cargol que uneix l'eix amb la roda dentada. Posteriorment cal rectificar les zones que ho necessitin.



8.3.10. Peça intermitja_motor-reductor

- Número de peça: 21

- Unitats: 1

- **Material**

De la mateixa manera que la peça anterior, es fabricarà amb Acer 2C25.

- **Descripció**

En aquest cas el disseny de la peça ha estat força complicat degut al poc espai disponible i a la geometria del moto-reductor. La forma adoptada, permet una fàcil unió tant del moto-reductor d'assaig com de l'acoblament a utilitzar. La peça disposa d'una ranura per a la col·locació d'un circlip i de dos forats roscats que permeten la unió amb la tija.

En el disseny de la peça s'ha buscat la universalitat d'aquest component.

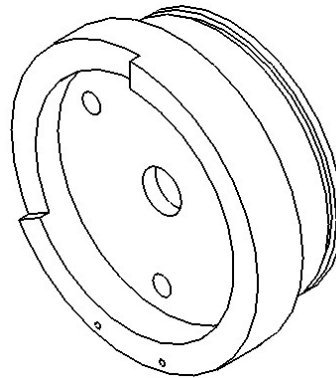


Figura 8.12. Peça intermitja_moto-reductor

- **Fabricació**

Es parteix d'un bloc cilíndric del material especificat anteriorment de diàmetre 83mm i 35mm de llargada. El perfil de la peça final s'obté mitjançant un tornejat i un fresat per aconseguir el rebaix que presenta una de les cares.

L'allotjament del circlip es realitza mitjançant un ranurat, els forats, a través dels quals s'uneix el motor d'assaig, s'obtenen mitjançant un taladrat. El forat central s'aconsegueix amb un mandrinat. Per últim cal rectificar les zones que ho necessitin



8.3.11. Peça intermitja_motor

- Número de peça: 22

- Unitats: 1

- **Material**

Degut a les baixes sol·licitacions que ha de suportar, la peça es fabricarà amb Acer 2C25.

- **Descripció**

Novament el disseny de la peça ha estat força complicat degut al poc espai disponible. Finalment s'ha escollit un disseny en forma de T, ja que al igual que en el cas anterior, permet una fàcil manipulació per collar el motor d'assaig, la col·locació de l'acoblament elàstic i el recolzament del rodament necessari. La peça també disposa d'una ranura per al circlip i de dos forats roscats per la unió de la tija.

Un altra complicació és la universalitat de la peça per collar-hi diferents motors.

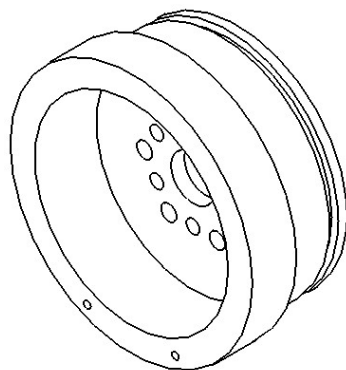


Figura 8.13. Peça intermitja_moto-reductor

- **Fabricació**

En aquest cas es parteix d'un bloc cilíndric de 58mm de diàmetre i 27mm de llargada. La fabricació és la mateixa que en la peça intermitja_moto-reductor.

8.3.12. Tapeta

- Número de peça: 23

- Unitats: 1



- **Material**

Per a la fabricació d'aquesta peça s'utilitzarà el mateix material escollit per la bancada, AlZn6MgCu (L 3710 segons UNE, 7075 segons AA). Aquest material forma part del grup d'aliatges d'alumini bonificats i més concretament dins el grup Al-Zn.

- **Descripció**

Aquesta peça permet el muntatge i desmuntatge d'una part del banc d'assaig. Per tal que això sigui possible, el diàmetre exterior indicat en la figura ha de tenir un diàmetre superior al diàmetre exterior dels rodaments utilitzats.

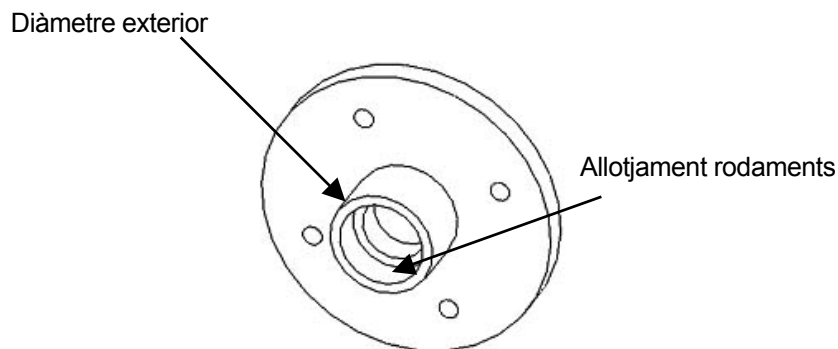


Figura 8.14. Tapeta

El disseny d'aquesta peça és una mica complicat perquè requereix l'espai necessari per allotjar el rodament fix a l'arbre.

La tapeta disposa de quatre forats passants per poder fixar-la a la bancada sense problemes.

- **Fabricació**

Es parteix d'una barra cilíndrica de AlZn6MgCu de diàmetre 48mm i 17mm de llargada. Es torneja la peça per obtenir el perfil desitjat. El forat interior de la peça es mandrina i els forats, a través dels qual s'uneix la tapeta al suport 2, es taladren. Posteriorment cal rectificar les zones que ho necessitin.

8.3.13. Tapeta_suport_moto-reductor

- Número de peça: 24

- Unitats: 1

- **Material**

El material utilitzat serà AlZn6MgCu.



- **Descripció**

L'objectiu d'aquesta tapeta, és bloquejar el moviment del rodament axialment. La peça disposa de quatre forats que permeten unir la tapeta a la bancada.

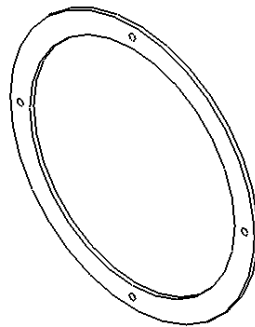


Figura 8.15. Tapeta_moto-reductor

- **Fabricació**

Es parteix d'una peça cilíndrica de AlZn6MgCu, es talla, es mandrina i taladra fins aconseguir el perfil desitjat.

8.3.14. Tapeta_suport_motor

- Número de peça: 25

- Unitats: 1

- **Material**

Novament, el material utilitzat serà AlZn6MgCu.

- **Descripció**

De la mateixa manera que en el cas anterior, l'objectiu de la peça és bloquejar el rodament axialment. L'única cosa que diferencia aquestes dues peces són les seves dimensions.

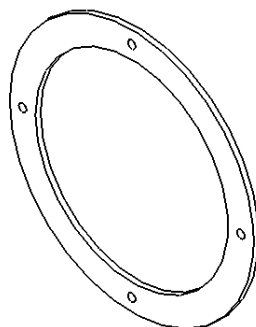


Figura 8.16. Tapeta_suport_motor



- **Fabricació**

Es parteix d'un tub cilíndric de AlZn6MgCu, es talla i es mandrina i taladra fins aconseguir el perfil desitjat.

8.3.15. Tija

- Número de peça: 26

- Unitats: 1

- **Material**

En aquest cas s'utilitzarà Acer 2C25 degut a les baixes sol·licitacions a suportar.

- **Descripció**

En aquest cas, s'ha dissenyat dos tiges, una per cada una de les disposicions possibles.

La tija de la disposició 1, consta de dues forats passants que permeten unir-la a la peça intermitja. També consta d'un altre forat passant per a la col·locació d'un cargol i una femella. D'aquesta manera s'aconsegueix la horitzontalitat de la tija i el contacte amb la cèl·lula de càrrega, assegurant una bona mesura de la força .

El disseny ha previst una ranura a l'extrem de la peça per poder calibrar els elements de mesura.

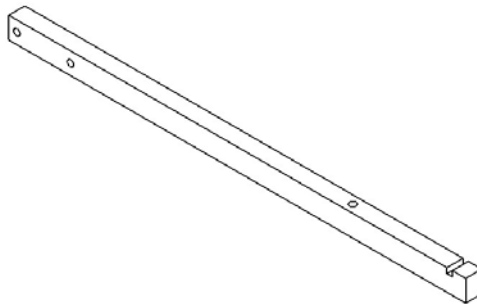


Figura 8.17. Tija - Disposició 1

La tija utilitzada en la disposició 2, consta de dos forats passants que permeten unir-la a la peça intermitja. En aquest cas no s'ha dissenyat cap ranura per al calibratge.

Per últim, cal dir que les dues tiges tenen dimensions diferents degudes a la disposició de la cèl·lula de càrrega en el banc d'assaig.



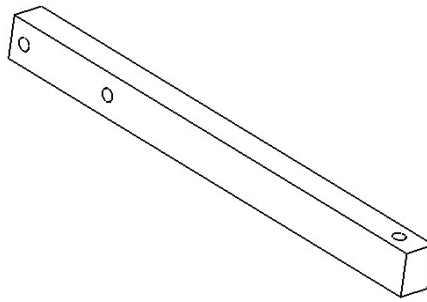


Figura 8.18. Tija - Disposició 2

- **Fabricació**

Per a la fabricació d'aquesta peça es parteix d'un bloc d'acer de dimensions 173x9x13mm per la tija utilitzada en la disposició 1. Per la tija emprada en la disposició 2, les dimensions del bloc seran 97x9x13mm. En ambdós casos el procés de fabricació serà el mateix, fresat i taladrat. Cal realitzar un ranurat mitjançant la fresadora en la peça de la disposició 1.

8.3.16. Platina_cèl·lula de càrrega

Número de peça: 27

- Unitats: 1

- **Material**

El material utilitzat és Acer2C25.

- **Descripció**

Aquesta peça es situa sobre la cèl·lula de càrrega. La platina és on es recolza el cargol que manté la tija en posició horitzontal i assegura el contacte amb la cèl·lula de càrrega.

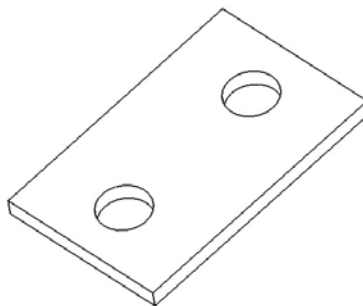


Figura 8.19. Platina

- **Fabricació**

La fabricació d'aquesta peça consta d'un fresat i un posterior taladrat.



8.3.17. Posicionador

- Número de peça: 28

- Unitats: 1

- **Material**

Degut a les baixes sol·licitacions a les que es troba sotmesa aquest peça, es fabricarà amb Acer 2C25.

- **Descripció**

L'objectiu d'aquest element és simplement posicionar la politja respecte el motor.

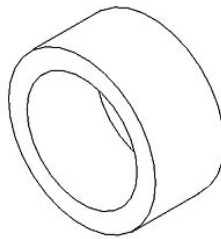


Figura 8.20. Posicionador

- **Fabricació**

Es parteix d'una tub cilíndric de diàmetre exterior 8mm i llargada 5mm del material especificat. Seguidament es mandrina fins aconseguir el perfil desitjat.

8.3.18. Piu

- Número de peça: 29

- Unitats: 2

- **Material**

El material utilitzat serà AlZn6MgCu.

- **Descripció**

L'objectiu d'aquest element és simplement posicionar els suports 1 i 2 respecte la plataforma inferior.



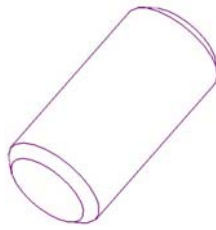


Figura 8.21. Piu

- **Fabricació**

Per la fabricació el piu cal realitzar un fresat a un bloc cilíndric inicial.

8.3.19. Politja_1

- Número de peça: 11

- Unitats: 1

- **Material**

La politja és d'alumini i fabricada per la marca Optibelt.

- **Descripció**

Tot i que aquesta peça forma part dels element de disseny, cal adaptar-la a les necessitats del banc d'assaig.

La politja es troba situada en el suport_1. El disseny del banc d'assaig requereix la col·locació d'un forat roscat per poder fixar la politja a l'eix del motor. D'altra banda, la politja ha de permetre la unió amb l'eix 1, mantenint alhora la col·linealitat entre eixos. Això s'aconsegueix mitjançant quatre forats roscats situats en una de les cares de la politja i un rebaix, tal com es mostra a la següent figura.

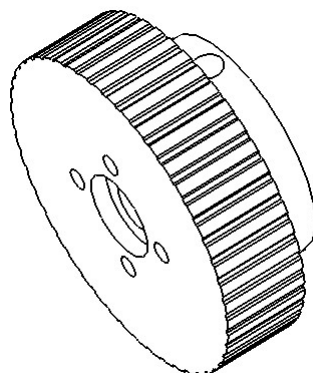


Figura 8.22. Politja 1



- **Fabricació**

En aquest cas la peça s'adquireix construïda, sols cal realitzar un tornejat per realitzar el rebaix. Posteriorment cal fer un roscat i un taladrat.

8.3.20. Politja_2

- Número de peça: 12

- Unitats: 1

- **Material**

La politja és d'alumini i fabricada per la marca Optibelt.

- **Descripció**

De la mateixa forma que en el cas anterior, cal adaptar-la a les necessitats del banc d'assaig.

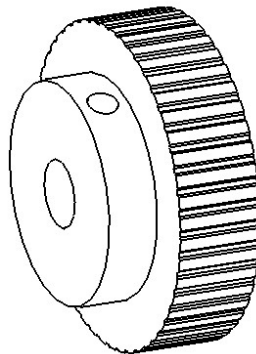


Figura 8.23. Politja 2

- **Fabricació**

La politja es troba situada en el suport_2. En aquest cas el disseny del banc d'assaig només requereix la col·locació d'un forat roscat per poder fixar la politja a l'eix del motor.

En aquest cas la peça ja s'adquireix construïda, sols cal realitzar un roscat.





9. Pla de manteniment de la màquina

El pla de manteniment de la màquina és una part de vital importància per tal d'obtenir un correcte funcionament i la duració desitjada.

9.1. Motors i reductors

9.1.1. Motors

Degut a l'elevat nombre de factors que intervenen en l'esperança de vida útil, és difícil predir de forma general quan dura un motor. Es pot aconseguir una vida útil superior a les 20000 hores en condicions favorables. D'altra banda, en condicions extremadament desfavorables, la vida es pot reduir per sota de les 100 hores. Com a promig, es pot aconseguir una vida d'entre 1000 i 3000 hores.

Els factors següents afecten la vida útil del motor:

- Càrrega elèctrica: Com més alta sigui la càrrega, més alt és el desgast.
- Velocitat: El desgast elèctric i mecànic s'incrementa a altes velocitats.
- Cicle de treball: Les condicions extremes de parada-arrencada disminueixen la vida del motor.
- Condicions ambientals: Temperatura, humitat, vibracions, etc

9.1.2. Reductors

Els reductors acostumen a tenir una vida útil d'entre 1000 i 3000 hores de funcionament continu a la màxima càrrega permesa i a la velocitat d'entrada recomanada.

Factors que influeixen en la disminució de la vida del reductor:

- Sobrepassar el màxim parell: Provoca un desgast excessiu.
- Temperatura: L'augment de temperatura, localitzat en la zona de contacte amb les dents dels engranatges, pot destruir el lubricant.
- Excés de la velocitat d'entrada.



Els reductors Maxon estan lubricats de per vida amb lubricant específics per la temperatura recomanada.

9.2. Rodaments

Els rodaments utilitzats en el disseny del banc d'assaig estan calculats detalladament a l'annex C, assegurant així que aguanten sobradament les sol·licitacions del banc d'assaig.

Els rodaments rígids de boles SKF328/6-2Z venen lubricats directament de fàbrica. D'altra banda, els rodaments de boles SKF 16010 i SKF 16014 no són obturats per ambdues bandes degut a les necessitats del banc d'assaig. Aquest rodaments són estàtics, per tant no cal preocupar-nos de la seva lubricació.

Un cop que el banc d'assaig està en funcionament, és convenient comprovar el soroll del rodament. Per un correcte funcionament el soroll ha de ser suau. Si és elevat i irregular pot ser un indicador del malmetement del rodament.

9.3. Transmissió

En aquest cas concret la corretja es troba molt poc sol·licitada, perquè no es preveu que s'hagi de substituir per una de nova al llarg de la vida del banc d'assaig.

Cal realitzar un control mitjançant la inspecció visual de l'estat de la superfície de la corretja per descartar possibles defectes.

Després d'unes hores de funcionament cal també revisar el tensat de la corretja.

9.4. Unions cargolades

En el disseny del banc d'assaig no existeixen unions cargolades de gran importància. Tot i això, és recomanable revisar periòdicament aquest tipus d'unions.



10. Impacte ambiental

Els possibles efectes del banc d'assaig sobre el medi ambient són una part important a tenir en compte en la realització d'un projecte.

Seguidament s'especifica la interacció de la màquina amb el medi ambient en tres moments diferents de la seva vida.

10.1. Construcció de la màquina

La totalitat de les peces que componen el banc d'assaig es fabriquen de acer 2C25 o aliatge d'alumini AlZn6MgCu, dos materials no contaminants.

La fabricació dels elements es realitza mitjançant un mecanitzat clàssic. La ferritja obtinguda cal ser recollida, classificada segons el tipus de material i posteriorment transportada a una deixalleria per poder ser reciclada.

10.2. Funcionament

Tal i com s'ha explicat en el pla de manteniment del banc d'assaig cal realitzar un manteniment periòdic de la lubricació d'alguns rodaments utilitzats. Els residus dels productes de lubricació cal dipositar-los en un contenidor i portar-los a la deixalleria.

Els components que puguin resultar danyats durant el funcionament del banc d'assaig cal separar-los segons el material i posteriorment portar-los a la deixalleria.

Per últim cal comentar el baix consum d'energia de la màquina.

10.3. Desballestament de la màquina

Tan bon punt el banc d'assaig hagi arribat a la fi cal desmuntar els diferents elements per inspeccionar-los i decidir si es poden aprofitar, o classificar-los per dur-los a la deixalleria per un posterior reciclatge.





11. PRESSUPOST

11.1. Introducció

En aquest apartat es detalla el pressupost previst pel desenvolupament, fabricació i construcció del banc d'assaig de motors de corrent continu de baixa potència.

El pressupost s'ha previst segons diferents partides:

- Cost dels components de sèrie.
- Cost de fabricació del components de disseny.
- Cost d'enginyeria.

L'impost sobre el valor afegit (I.V.A) s'inclou individualment en cada subtotal.

A l'annex D, es troben tots els costos detallats.

11.2. Cost dels components de sèrie

Tal com s'ha comentat en l'apartat 9.2, els elements en sèrie són aquelles peces que no requereixen fabricació pròpia sinó que corresponen a elements triats mitjançant catàleg.

Els elements de sèrie són els següents:

- Motors, reductor, encòder.
- Elements de transmissió: politja i corretja.
- Rodaments.
- Elements de fixació.
- Elements de mesura de força.



Concepte	Subtotal + 16% IVA [€]
Motors, reductor, encòder	628
Elements de transmissió	95,6
Rodaments	64,9
Elements de fixació i altre	162,1
Elements de control i de mesura de força	2.255
Cost total components de sèrie (16% IVA inclòs)	3.205,6

Taula 11.1. Cost total dels elements de sèrie

Cost total elements de sèrie

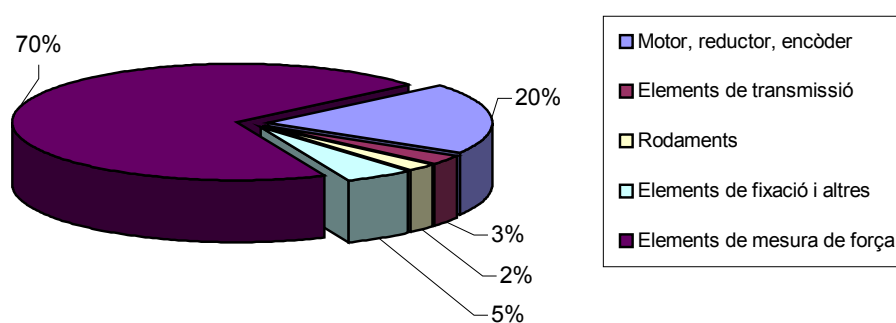


Figura 11.1. Cost total elements de sèrie



11.3. Cost dels elements dissenyats

Els components de disseny són totes aquelles peces que han de ser especialment dissenyades per aquesta aplicació en concret.

En aquest cas cal tenir el compte:

- Cost del material necessari per al fabricació de les peces
- Processos de fabricació.

Concepte	Subtotal + 16% IVA [€]
Cost de material	65,9
Cost de fabricació	252,3
Cost total components de sèrie (16% IVA inclòs)	318,2

Taula 11.2. Cost total elements de disseny

Cost total dels elements de disseny

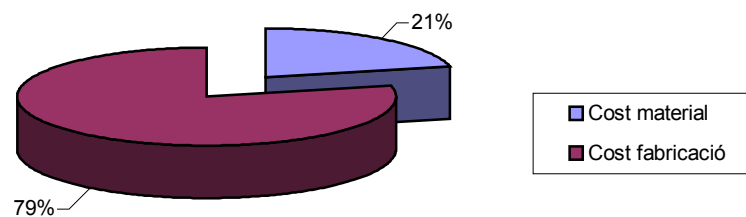


Figura 11.2. Cost total elements de disseny



11.4. Cost d'enginyeria

Un punt important a l'hora de detallar el pressupost d'una nova màquina és el cost d'enginyeria. Aquest contempla el cost de les hores invertides en documentació, disseny, càlculs, elaboració de plànols i muntatge del banc d'assaig.

Per a la realització del banc d'assaig cal tenir en compte la intervenció de diferents professionals.

Concepte	Professional	Preu [€/h]	Temps [h]	Preu [€]
Documentació	Enginyer	45	15	675
Disseny	Enginyer	45	60	2.700
Càlculs	Enginyer	45	13	585
Elaboració de plànols	Delineant	18	50	900
Muntatge i posta a punt	Muntador	18	10	180
Subtotal				5.040
Subtotal + 16% IVA				5.846,4

Taula 11.3. Costos d'enginyeria

Cost d'enginyeria

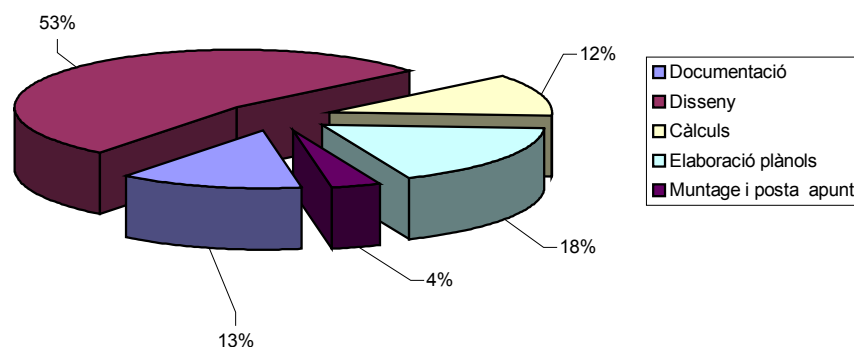


Figura 11.3. Cost d'enginyeria



11.5. Pressupost final del projecte

Per últim, cal sumar els costos anteriors tal com és mostra en la següent taula.

Concepte	Subtotal + 16% IVA [€]
Cost dels element de sèrie	3.205,6
Cost dels element de disseny	318,2
Cost d'enginyeria	5.846,4
Subtotal + 16% IVA	9.370,2

Taula 11.4. Cost total del banc d'assaig

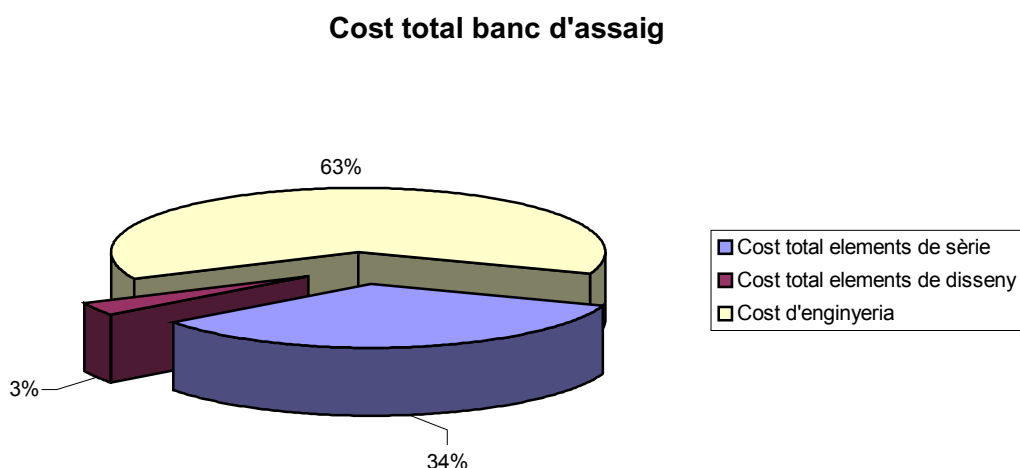


Figura 11.4. Pressupost final projecte

Com es pot observar en l'anterior gràfic, el cost d'enginyeria representa un 63% del pressupost final. Això és degut que aquest tipus de projecte requereix moltes hores de treball abans d'arribar a la solució definitiva.





12. Conclusions

L'objectiu principal d'aquest projecte consisteix en el desenvolupament d'una solució per substituir el fre mecànic de sabates flotants que constitueix el banc assaig actual. També calia ampliar el rang de l'assaig a motors de diferents mides, amb o sense reductor.

Els resultats obtinguts un cop finalitzat el projecte s'ajusten als objectius proposats a l'inici del projecte.

S'han solucionat els problemes que suposava la utilització d'un fre mecànic de sabates flotants substituint aquest per un motor de corrent continu. Aquests problemes eren: soroll, vibracions, poca precisió i malmetement dels rodaments.

S'ha presentat un nou disseny de banc d'assaig que compleix les especificacions indicades. Aquest, permet augmentar l'assaig a diferents tipus de motors, ja siguin amb o sense reductor.

En el projecte es descriuen i s'inclouen tots els components de sèrie seleccionats així com els càlculs necessaris i els plànols per la fabricació i muntatge del banc d'assaig.

Per últim es mostra el resultat final del banc d'assaig.



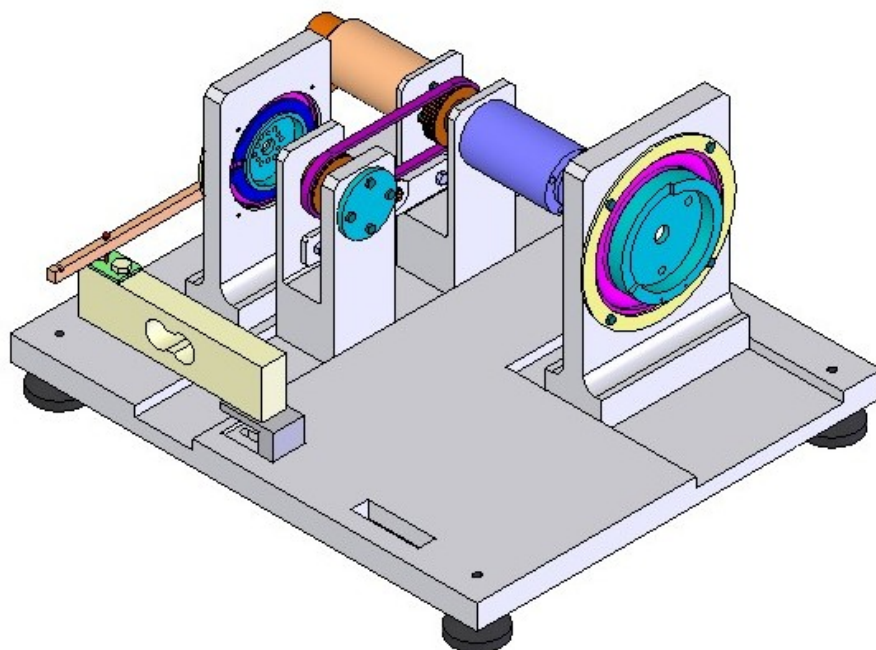


Figura 12.1. Banc d'assaig, disposició 1

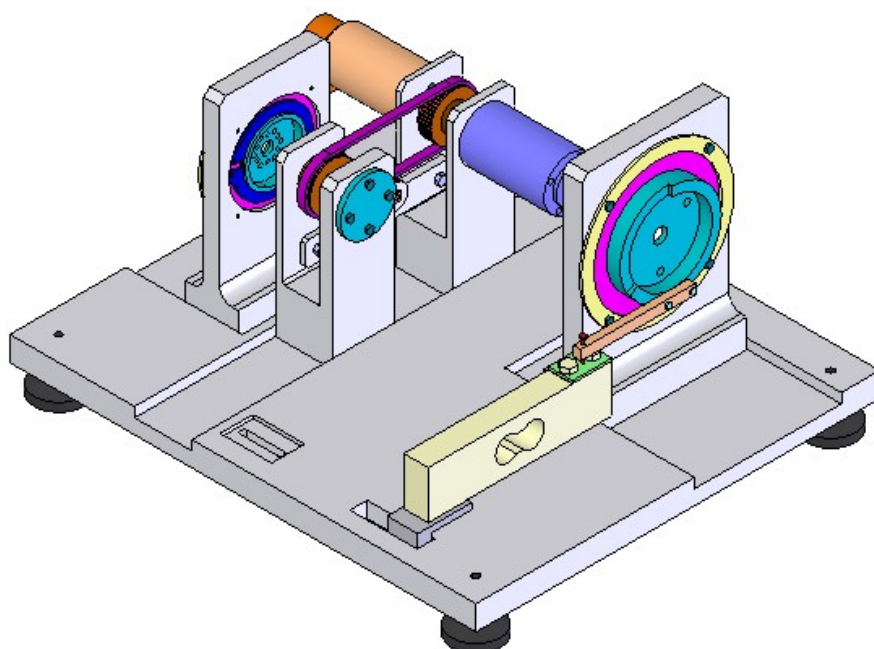


Figura 12.2. Banc d'assaig, disposició 2



13. Agraïments

Per últim voldria agrair a totes aquelles persones que m'han envoltat durant la realització d'aquest projecte i sense les quals no hauria estat possible.

En primer lloc, vull agrair especialment l'ajut del meu tutor, Jordi Martínez, per tot el temps dedicat durant aquest mesos.

Als professors del departament d'Enginyeria Mecànica que m'han assessorat al llarg del projecte, segons la seva experiència.

A totes les persones que han dedicat part del seu temps ajudar-me en la realització del projecte.

A la meva família, pel seu suport, ajuda i comprensió al llarg d'aquest període.





14. Bibliografia

- **Llibres**

- [1] BELIÁEV,V. [et al.] "Atlas de elementos de máquinas y mecanismos", Barcelona, CEAC 2004.
- [2] BOIX,O. SAINZ,L. CÓRCOLES,F. SUELVES, F " TECNOLOGÍA ELÉCTRICA" Barcelona; Ed. Ceysa, 2002.
- [3] CHEVALIER, A. "Dibujo Industrial", Mèxic D:F.,LIMUSA Noriega Editores, 2000.
- [4] FENOLLOSA, J. "Unions Cargolades" Barcelona, CPDA, 2000.
- [5] FENOLLOSA,F. MARTÍNEZ,J. "Tecnologia de Màquines, Quadern de treball" Barcelona, CPDA, 2004.
- [6] FENOLLOSA,F. MARTÍNEZ,J. " Càlcul de màquines. Quadern CM1 Fallada, Unions, Hertz" Barcelona, CPDA, 2002.
- [7] FENOLLOSA,J.,MARTÍNEZ, J. "Càlcul de màquines. Quadern CM2. Rodaments" Barcelona, CPDA, 2002.
- [8] FENOLLOSA,J.,MARTÍNEZ, J. "Càlcul de màquines. Quadern CM4. Corretges" Barcelona, CPDA, 2002.
- [9] FRAILE,J. "Máquinas eléctricas" Madrid, -Hill, 2003.
- [10] Limits, fits and surface properties. ISO Standards Handbook. ISO 2768 1:1989.
- [11] NIEMANN,G. "Tratado teórico-práctico de elementos de máquinas" Munich, Ed. Labor, 1981.
- [12] RIBA C. "Selecció de motors i transmissions en el projecte mecànic" Barcelona, CPDA, 1999.
- [13] RIBA,C. "Disseny de màquines IV. Selecció de materials 1" Barcelona, Edicions UPC, 1997.
- [14] RIBA,C. "Disseny de màquines IV. Selecció de materials 2" Barcelona, Edicions UPC, 1997.
- [15] VIVANCOS ,J. "Tecnología de fabricación. Teoría y problemas" Barcelona, CPDA, 2004.



[16] WILLIAM,D. CALLISTER,Jr “Ciència e Ingeniería de los Materiales” Barcelona, Ed.Reverté, S:A, 2001.

- **Catàlegs utilitzats**

MAXON MOTOR [Fabricant líder en motors cc i sistemes d'alta precisió]

OPTIBELT [Elements de transmissió Optibelt]

RS [Proveïdor de múltiples marques]

UTICELL [Proveïdor de cèl·lules de càrregues]

- **Material obtingut de la xarxa**

Les pàgines web mostrades a continuació s'han visitat durant la realització del projecte entre febrer i agost de 2007.

- ASSING HI-TECH ENGINEERING. Banc d'assaig.

[www.assing.it]

- MAGTROL. Banc d'assaig.

[www.magtrol.com]

- MAXON MOTOR. Catàleg motors

[www.Maxonmotor.com]

- BOSCH. Catàleg moto-reductors

[www.bosch.co.uk]

- SHAEFFLER GROUP. Catàleg Rodaments

[www.inaiberica.es]

- GRUPO SKF. Catàleg Rodaments

[www.skf.com]



- OPTIBELT. Catàleg transmissió

[www.optibelt.com]

- YORK INDUSTRIES. Catàleg tensors

[www.york-ind.com]

- RULAND. Catàleg acoblament elàstics

[www.ruland.com]

- NU-TECH ENGINEERING. Catàleg potes.

[www.nutech-eng.com]

- DIRECT INDUSTRY.

[www.directindustry.com]

- 3D ContentCentral. Dissenys CAD.

[www.3dcontentcentral.es]





Banc d'assaig de motors de corrent continu de baixa potència

Annex A: Elecció dels components mecànics

Autor: Núria Puigarnau Coma

Director: Jordi Martínez Miralles

Titulació: Enginyeria Industrial

Data de la convocatòria: setembre 2007





SUMARI ANNEX A

A ELECCIÓ DELS COMPONENTS MECÀNICS

Sumari de Figures	4
Sumari de Taules.....	5
A.1. Elecció del motor i reductor	7
A.1.1. Introducció	7
A.1.2. Equacions el motor de corrent continu	7
A.1.3. Estudi de mercat	10
A.1.4. Consideracions prèvies a l'elecció dels motors	12
A.1.5. Selecció motors i metodologia de càlcul	12
A.2. Elecció de l'encòder	17



Sumari de Figures

Figura A.1. Esquema del motor de corrent continu	8
Figura A.2. Corba velocitat-parell	9
Figura A.3. Corba intensitat-parell	9
Figura A.4. Motor corrent continu Maxon	11
Figura A.5. Moto-reductor Bosch	12
Figura A.6. Reductor planetari	14
Figura A.7. Disseny esquemàtic d'un encòder òptic	17
Figura A.8. Representació de la sortida d'un encòder digital	18



Sumari de Taules

Taula A.1. Motors a utilitzar en el banc d'assaig	7
Taula A.2. Motors de corrent continu Maxon	10
Taula A.3. Moto-Reductors	11
Taula A.4. Valors a tensió nominal motor Maxon RE 40	13
Taula A.5. Característiques reductor planetari	15
Taula A.6. Característiques encòder	18





A.1. Elecció del motor i reductor

A.1.1. Introducció

Tal com s'explica en l'apartat 5 de la memòria, la solució proposada utilitza tres motors.

	Tipus	Funció
1	Motor corrent continu	Fre
2	Motor corrent continu	Motor d'assaig
3	Motor corrent continu amb reductor visensfi (Moto-reductor)	Motor d'assaig

Taula A.1. Motors a utilitzar en el banc d'assaig

Un dels objectiu principals del projecte és crear un banc d'assaig que permeti provar un ampli rang de motors de continu ja siguin amb reductor o sense.

Primer cal fer un estudi de mercat dels motors de corrent continu que existeixen per poder conèixer les seves característiques.

A.1.2. Equacions el motor de corrent continu

En aquest apartat s'inclouen les equacions que modelitzen el comportament dels motors de corrent continu.

Esquemàticament es pot representar els motors de corrent continu de la següent forma:



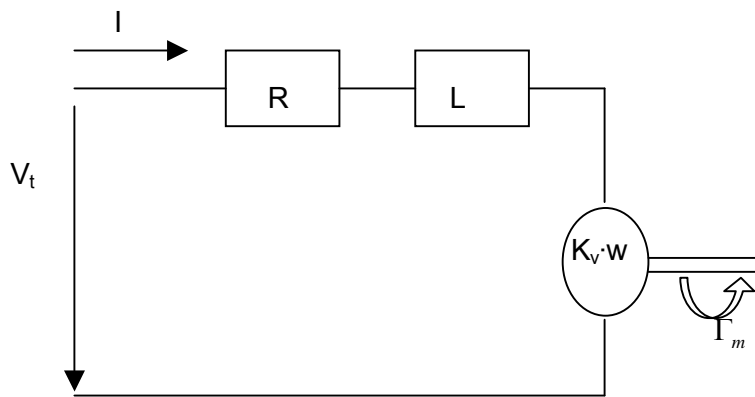


Figura A.1. Esquema del motor de corrent continu

Les equacions que regeixen el comportament del motor en règim estacionari i transitori són:

$$V_t = R \cdot I + L \cdot \frac{dI}{dt} + K_v \cdot \omega \quad (\text{Eq A.1})$$

$$\Gamma_m = K_t \cdot I \quad (\text{Eq A.2})$$

$$K_t = K_v \quad (\text{Eq A.3})$$

On:

V_t : Tensió [V]

Γ_m : Parell mecànic [Nm]

K_t : Constant que depèn dels paràmetres constructius de la màquina.

$$K_v = \left[\frac{V}{\text{rad} / s} \right]$$

$$K_t = \left[\frac{Nm}{A} \right]$$

Per a cada tipus de motor es pot representar el seu gràfic i extreure els punts claus del funcionament.



- Corba velocitat-parell

Aquesta corba descriu el comportament mecànic de un motor a voltatge constant.

- La velocitat decreix linealment quan augmenta el parell.
- Com més ràpid gira el motor, menys parell es capaç de subministrar.

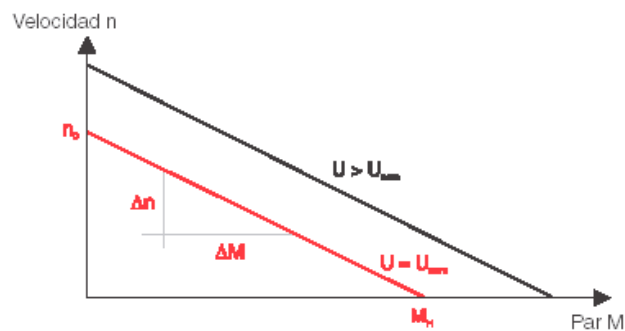


Figura A.2. Corba velocitat-parell

- Corba intensitat-parell

Representa la relació entre la intensitat i el parell.

- Com més corrent flueix a través del motor, més parell es produeix.

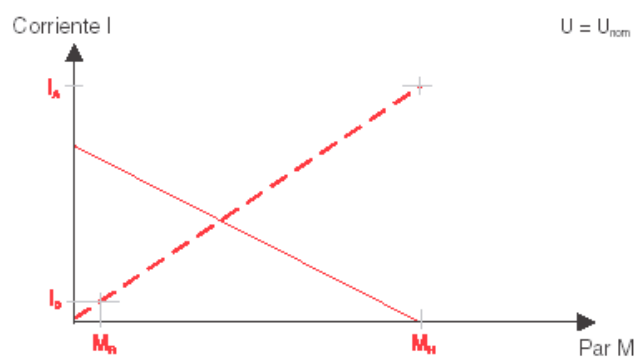


Figura A.3. Corba intensitat-parell



Existeix un cas particular per a motor s de corrent continu en règim estacionari:

$$V_t = R \cdot I + K_v \cdot \omega \quad (\text{Eq A.4})$$

$$\Gamma_m = K_t \cdot I \quad (\text{Eq A.5})$$

$$K_t = K_v \quad (\text{Eq A.6})$$

De les equacions anteriors es dedueix que el motor de corrent continu pot regular-se en parell i velocitat de gir. Existeixen dues variables de control:

- Tensió
- Intensitat

El parell és proporcional a la intensitat. Per regular el parell resistent del motor de frenada cal regular la seva intensitat.

A.1.3. Estudi de mercat

- Motors de corrent continu

S'estudia els motors de corrent continu de la marca "Maxon motor".

No s'han tingut en compte els motors amb potència inferior a 60W degut a les seves petites dimensions.

tipus	V. nominal [V]	n. nominal [min^{-1}]	M. nominal[mNm]	Potència [W]
RE 30	12 - 48	7630 - 8810	51,7 - 88,2	60
RE 35	15 - 48	732 - 6910	73,2 - 104	90
RE 36	18 - 48	390 - 5880	70,2 - 84,1	70
RE 40	12 - 48	339 - 7000	94,9 - 188	150
RE 75	12 - 48	775 - 2870	551 - 887	250

Taula A.2. Motors de corrent continu Maxon



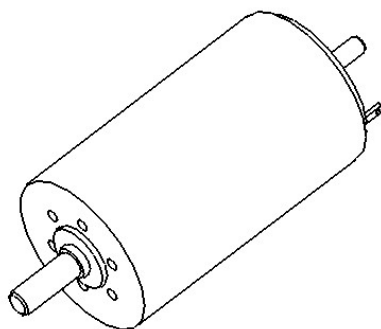


Figura A.4. Motor corrent continu Maxon

- Motors de corrent continu amb reductor visensfi

Els motors són representats per motors netejaparabrises de la marca “Bosch”. Aquests porten incorporat un reductor visensfi per reduir la seva velocitat.

Seguidament es presenta el rang de valors dins els quals es troben els moto-reductors *Bosch*:

tipus	V. nominal [V]	n. nominal [min^{-1}]	M. nominal[mNm]	Potència [W]
ADP	18 – 24	45 – 150	1,5 – 1,8	8 – 23
AHP	12 – 24	60 – 550	0,25 – 0,9	4 – 35
CDP	24	21 – 35	41 – 20	22 -29
CEP	24	26 – 45	6 – 3,5	10,5 – 26
CHP	12 - 24	16 – 260	0,8 – 5	2,5 – 53
EDP	24	26 - 75	10 - 15	32 - 67

Taula A.3. Moto-Reductors

La major part dels motors netejaparabrises es troben dins els següents intervals:

- U.nominal = 24V
- n. nominal = 16 – 125 min^{-1}
- M. nominal = 0,5 – 6 Nm



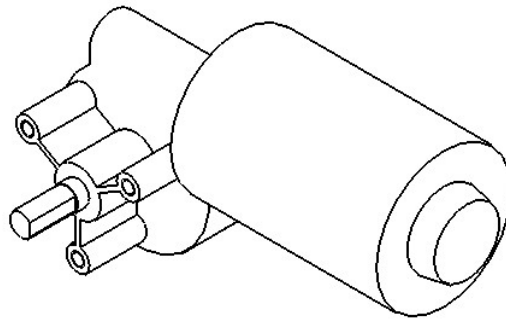


Figura A.5. Moto-reductor Bosch

A.1.4. Consideracions prèvies a l'elecció dels motors

- Motor 1:

- El motor s'ha de dimensionar perquè treballi en les condicions nominals.
- El motor ha de ser suficient per tenir un rang ampli d'assaig.
- El motor ha de tenir unes dimensions prou ajustades que no dificultin el disseny del banc d'assaig.
- Motor de baixa potència.

- Motor 2:

- El motor ha de tenir unes característiques nominals iguals o inferiors al motor 1.
- Motors amb potència superior a 60W.

- Motor 3:

- En aquest cas es necessari un element intermig que es detallarà en el següent apartat.

A.1.5. Selecció motors i metodologia de càlcul

Per a la selecció del motor que actua com a fre, primer cal definir el rang dels motors d'assaig. Aquesta decisió es pren segons la informació recollida en l'estudi de mercat.



Rang d'assaig per a moto-reductors:

- U.nominal = 24V
- n. nominal = 16 – 125 min⁻¹
- M. nominal = 0,5 – 6 Nm

Rang d'assaig per motors sense reductor:

- Motors RE amb potències entre 60W i 150W

Un cop definit l'interval d'assaig de cada un dels motors, cal escollir el motor de corrent continu que actua com a fre.

- **Motor (1): Maxon 40; n° 148867; U=24V**

Valors a tensió nominal motor Maxon RE 40			
Característica	Nomenclatura	Valor	Unitats
U. Nominal	U	24	V
Velocitat en el buit	V ₀	7580	min ⁻¹
Intensitat en buit	I ₀	137	mA
Velocitat nominal	n	6930	min ⁻¹
Parell nominal	M	170	mNm
Intensitat nominal	I	5,77	A
Parell d'arrencada	Γ	2280	mNm
Intensitat arrencada	I _{arrac}	75,7	A
Màxim rendiment	η _{màx}	91	%
Potència màxima	P _{màx}	150	W

Taula A.4.Valors a tensió nominal motor Maxon RE 40



A partir d'aquestes dades s'obté la potència nominal:

$$P = n \cdot M \rightarrow P = 6930 \cdot \frac{2 \cdot \pi}{60} \cdot 0,170 \quad (\text{Eq .A.7})$$

$$P = 123,3W \cong 123W$$

Un dels problemes per poder assajar moto-reductors, és la gran diferència de velocitats entre aquests i el motor actuant com a fre. Cal acoblar un reductor al moto-reductor de corrent continu.

S'ha escollit un reductor de tipus planetari perquè presenta menors dimensions per una mateixa reducció. Altrament els reductors planetaris són particularment adequats en la transmissió de parells elevats.

- Característiques reductor:
 - Altes prestacions en espai reduït
 - Altes reduccions en poc espai
 - Sortida i entrada d'eixos concèntrica

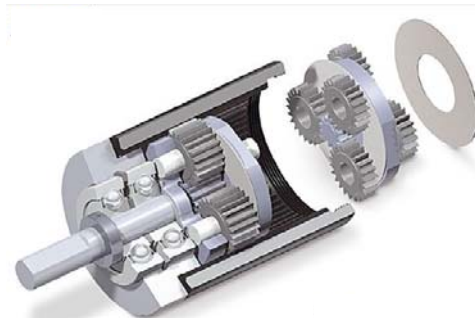


Figura A.6. Reductor planetari

Observant les característiques dels moto-reductors, s'escull un reductor. Aquest ha de permetre realitzar un assaig prou ampli de motors netejaparabrises. Depenent de la relació de reducció es redueix la velocitat de sortida mentre que s'augmenta el seu parell.

La conversió de velocitat i parell en l'eix de sortida del reductor segueix les següents equacions:

$$n_{\text{entrada}} = \text{relació}_{\text{reducció}} \cdot n_{\text{sortida}} \quad (\text{Eq A.8})$$



$$M_{entrada} = \frac{M_{sortida}}{relació_reducció \cdot \rho_{reductor}} \quad (\text{Eq A.9})$$

S'escull:

- Reductor planetari GP 42 C: relació reducció 53:1

Característiques	Valors	Unitats
Reducció	1:53	
Moment d'inèrcia	15	gcm ²
Diàmetre màxim de l'eix del motor	10	mm
Nombre etapes	3	
Màxim parell permanent	15	Nm
Màxim parell admissible de forma intermitent	22,5	Nm
Rendiment	72	%

Taula A.5. Característiques reductor planetari

Segons les equacions Eq A.8 i Eq A.9 es calcula la velocitat i el parell a la sortida del reductor.

$$n_{sortida} = 6930 \text{ min}^{-1} \rightarrow n_{entrada} = 130,75 \text{ min}^{-1}$$

$$M_{sortida} = 170 \text{ mNm} \rightarrow M_{entrada} = 6,48 \text{ Nm}$$





A.2. Elecció de l'encòder

La finalitat de l'encòder en el banc d'assaig, és contar les voltes per minut a les que gira el motor que actua com a fre. D'aquesta manera s'obté un dels valors per a l'elaboració de la gràfica parell/velocitat.

- Principi de funcionament dels encòders òptics:

Un LED emet llum a través d'una roda ranurada la qual és rígidament muntada sobre l'eix del motor. El receptor (fototransistor) transforma els impulsos de llum amb els corresponents impulsos elèctrics.

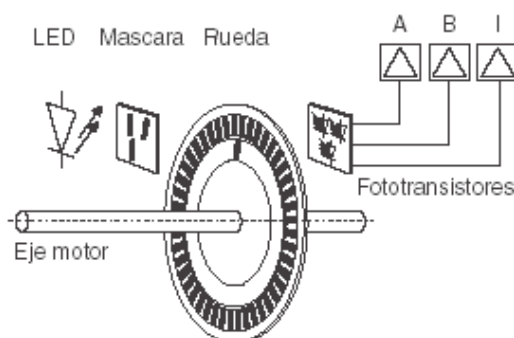


Figura A.7. Disseny esquemàtic d'un encòder òptic

La senyal a la sortida de l'encòder és una ona quadrada que es processa per poder conèixer la velocitat o posicionament de precisió. Existeixen dos canals de sortida, la comparació dels quals permet saber el sentit de gir del motor.

El canal índex (canal I) pot ser utilitzat com a punt de referència per determinar amb precisió l'angle de rotació recorregut.

El desfasament entre els canals A i B, permet la seva comparació amb l'objectiu de conèixer el sentit de gir.



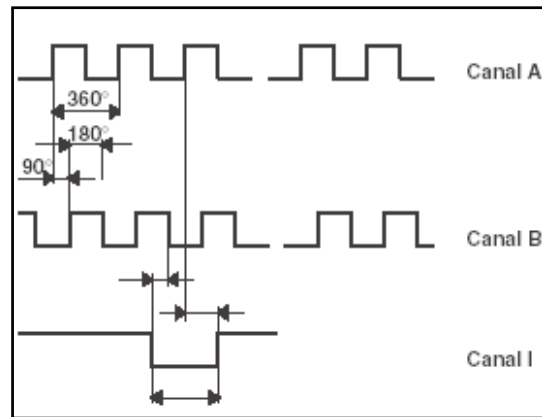


Figura A.8. Representació de la sortida d'un encòder digital

- L'encòder escollit és : **Encòder HEDS 5540, 500 ppv, 3 canals**

Variable	Valor	Unitats
Nombre de polsos per volta	500	
Nombre de canals	3	
Màxima freqüència de funcionament	100	kHz
Diàmetre de l'eix	4	mm

Taula A.6. Característiques encòder



Banc d'assaig de motors de corrent continu de baixa potència

Annex B: Càlcul de la transmissió

Autor: Núria Puigarnau Coma

Director: Jordi Martínez Miralles

Titulació: Enginyeria Industrial

Data de la convocatòria: setembre 2007





SUMARI ANNEX B

B CÀLCUL DELS ELEMENTS MECÀNICS

Sumari de Figures	4
B.1. Càlcul de la transmissió.....	5
B.1.1. Selecció perfil corretja.....	5
B.1.2. Selecció politges	6
B.1.3. Distància entre centres	6
B.1.4. Longitud de la corretja	7
B.1.5. Amplada de la corretja	8
B.1.6. Tensat.....	9
B.2. Càlcul del cargol a pressió	11



Sumari de Figures

Figura B.1. Esquema de tensat _____ 9

Figura B.2. Diagrama sòlid lliure - cargol a pressió _____ 11



B.1. Càlcul de la transmissió

En aquest apartat es realitza el càlcul i selecció de les politges i la corretja que precisa la transmissió del banc d'assaig.

Les corretges utilitzades són del tipus Optibelt ZRM. L'elecció s'ajusta al catàleg facilitat pel departament

El catàleg utilitzat per la realització dels càlculs és troba a l'annex E.

B.1.1. Selecció perfil corretja

Primerament cal conèixer la velocitat de gir de la politja conductora (n_k) i la potència de càlcul (P_B). Seguidament s'escull el perfil mitjançant unes taules facilitades pel fabricant:

$$P_B = c_2 \cdot P_{An} = (c_0 + c_6 + c_8) \cdot P_{An} \quad (\text{Eq B.1})$$

On:

P_{An} = Potència nominal a transmetre [W]

c_2 = Factor de servei total

c_0 = Factor de servei bàsic

c_6, c_8 = Factors correctors

Els factor correctors i de servei venen donats per taules, Annex E.

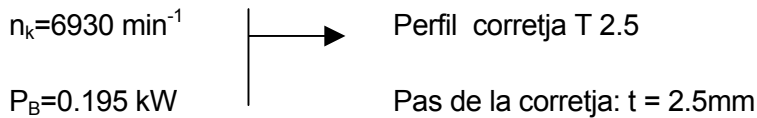
$$c_2 = c_0 + c_6 + c_8 = 1,3 + 0 + 0 = 1,3 \quad (\text{Eq B.2})$$

Segons l'eq.B.1

$$P_B = c_2 \cdot P_{An} = 1,3 \cdot 0,150 = 0,195 \text{ kW} \approx 0,2 \text{ kW}$$



Un cop coneguda n_k i P_B es pot seleccionar el perfil de la corretja mitjançant un gràfic elaborat pel fabricant.



B.1.2. Selecció politges

En aquest cas interessa que la relació de transmissió (i) sigui 1.

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} = 1 \quad (\text{Eq B.3})$$

Mirant el catàleg Optibelt s'escull un diàmetre primitiu de la politja adient per a l'aplicació. Aquest no pot ser molt petit ja que la corretja flexaria excessivament, ni massa gran degut a condicions de disseny.

Diàmetre primitiu de la politja conductora i de la conduïda:

$$d_{w1}=d_{w2}= 38,2 \text{ mm}$$

Un cop conegut el diàmetre cal trobar el nombre de dents (z) de cada politja mitjançant les taules del catàleg Optibelt.

$$z_1 = z_2 = 48 \text{ dents}$$

B.1.3. Distància entre centres

Per poder dissenyar el banc d'assaig és necessari conèixer la distància entre eixos (a). Aquesta està situada dins el següent interval:

$$0,5 \cdot (D_{Bk} + d_{wg}) + y < a < 2 \cdot (d_{wg} + d_{wk}) \quad (\text{Eq B.4})$$



On :

D_{Bk} = Diàmetre exterior [mm]

d_{wg} = Diàmetre primitiu [mm]

y = Factor degut a la tensió de la corretja

a = Distància entre eixos [mm]

Segons l'Eq B.5 la distància entre eixos és:

$$0,5 \cdot (38,2 + 38,2) + 16 < a < 2 \cdot (38,2 + 38,2)$$

$$54,2mm < a < 152,8mm$$

B.1.4. Longitud de la corretja

Primerament s'ha escollit la longitud estàndard (L_{wSt}) segons taules Optibelt:

$$L_{wth} = L_{wSt} = 317,5mm$$

A continuació cal comprovar si la distància entre centres es troba en l'interval calculat anteriorment.

$$a_{nom} = \frac{z_R - z}{2} \cdot t = \frac{127 - 48}{2} \cdot 2,5 = 98,75mm \quad (\text{Eq B.5})$$

$$54,2mm < 98,75mm < 152,8mm$$

On:

z_R = nombre de dents de la corretja, segons taules

z = nombre de dents de la politja



B.1.5. Amplada de la corretja

Un cop es té la corretja seleccionada i la seva longitud calculada, queda determinar l'amplada necessària.

$$b_{th} = \frac{P_B \cdot 10000}{P_{spez} \cdot c_3 \cdot z_k \cdot z_e} \quad (\text{Eq B.6})$$

On :

P_{spez} = Potència per dent engranada i per amplada de 10mm.

c_3 = factor de llargada

z_e = nombre de dents efectiu.

$$z_{enom} = \frac{z_k}{6} \cdot \left(3 - \frac{d_{wg} - d_{wk}}{a_{nom}} \right) = \frac{48}{6} \cdot (3 - 0) = 24 \quad (\text{Eq B.7})$$

$$\text{Si: } z_{enom} \geq z_{e \max} \rightarrow z_e = z_{e \max}$$

$$z_{enom} \leq z_{e \max} \rightarrow z_e = z_{enom}$$

Pel catàleg d'Optibelt es coneix el valor de $z_{e \max}$:

$$z_{e \max} = 12 \rightarrow z_{enom} \geq z_{e \max} \rightarrow z_e = z_{e \max} = 12$$

El valor P_{spez} s'obté d'una taula facilitada pel fabricant. P_{spez} és funció de la velocitat de la politja conductora i del perfil escollit.

$$P_{spez} = 0,9605 \text{ W/cm}$$



Per últim falta determinar el valor de c_3 a partir del perfil escollit i de la longitud de la corretja.

Perfil corretja: T 2.5	→ Segons taula Optibelt
Longitud = 317,5mm	$c_3 = 1$

$$b_{th} = \frac{P_B \cdot 10000}{P_{spez} \cdot c_3 \cdot z_k \cdot z_e} = \frac{0,195 \cdot 10000}{0,9605 \cdot 1 \cdot 48 \cdot 12} = 3,52 \text{ mm}$$

Seguidament cal comparar aquest valor amb els que indica el fabricant. Per un perfil T2.5 les amplades estàndards són: 4,6,8,10,12mm.

L'amplada immediatament superior és de 4mm però s'utilitzarà la de 6mm.

B.1.6. Tensat

L'esquema de tensat permet identificar cada un dels càlculs que es detallen a continuació:

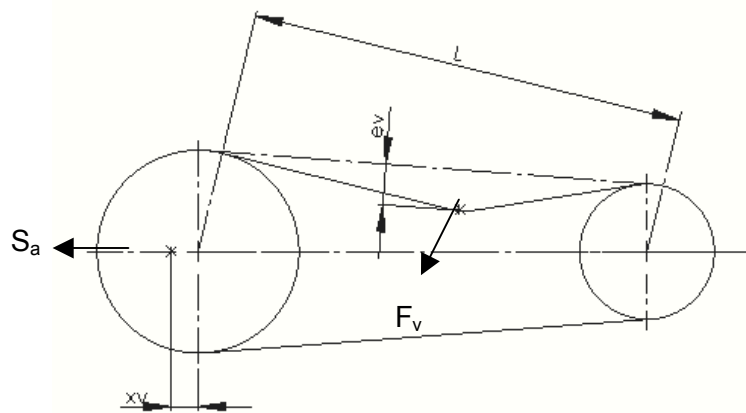


Figura B.1. Esquema de tensat

Primer es calcular el factor de tensió c_v :

$$c_v = \frac{c_2 - 1}{2} + 0,9 \quad 1,05 \leq c_v \quad (\text{Eq B.8})$$

$$c_v = \frac{1,3 - 1}{2} + 0,9 = 1,05$$



A continuació es calcula la càrrega estàtica de l'eix (S_a):

$$S_a = c_v \cdot S_{n3} \cdot \frac{L}{a_{nom}} \quad (\text{Eq B.9})$$

On:

S_{n3} = força tangencial efectiva

$$S_{n3} = \frac{P_{Ab} \cdot 1000}{v_{eff}} = \frac{0,15 \cdot 1000}{13,86} = 10,82 N \quad (\text{Eq B.10})$$

$$v_{eff} = \frac{d_{w1} \cdot n_1}{19100} = \frac{38,2 \cdot 6930}{19100} = 13,86 rpm \quad (\text{Eq B.11})$$

$$L = \sqrt{a_{nom}^2 - \frac{(d_{wg} - d_{wk})^2}{2}} = \sqrt{98,75^2 - 0} = 98,75 mm \quad (\text{Eq B.12})$$

Segons l'Eq. B.9:

$$S_a = c_v \cdot S_{n3} \cdot \frac{L}{a_{nom}} = 1,05 \cdot 10,82 \cdot \frac{98,75}{98,5} = 11,36 N$$

Per últim tan sols queda calcular la Força de tensat i la fletxa.

$$F_v = \frac{c_v \cdot S_{n3}}{20} = \frac{1,05 \cdot 10,82}{20} = 0,57 N \quad (\text{Eq B.13})$$

$$e_v = \frac{L}{50} = 1,98 mm \quad (\text{Eq B.14})$$



B.2. Càlcul del cargol a pressió

A continuació es realitza un càlcul per assegurar la utilització del cargol a pressió. Cal realitzar els càlculs pels dos cargols a pressió, degut a la variació del diàmetre interior de la politja.

Esquema:

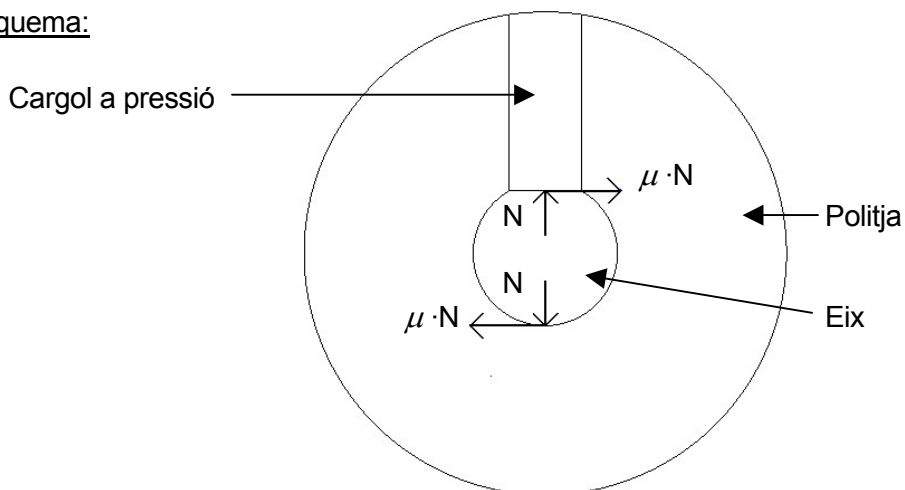


Figura B.2. Diagrama sòlid lliure - cargol a pressió

$$M_t = 2 \cdot \mu \cdot N \cdot \frac{d}{2} \quad (\text{Eq B.15})$$

On:

M_t = Moment a transmetre.

μ = coeficient de fricció

N_1 = Força normal en la politja-1.

N_1 = Força normal en la politja-2.

$d_{\text{int-1}}$ = diàmetre interior politja-1.

$d_{\text{int-2}}$ = diàmetre interior politja-2.



Segons l'equació Eq B.15 es calculen les forces normals

$$N_1 = \frac{M_t}{\mu \cdot d_{\text{int-1}}} = \frac{0,170}{0,04 \cdot \frac{6}{1000}} = 708,33N$$

$$N_2 = \frac{M_t}{\mu \cdot d_{\text{int-2}}} = \frac{0,170}{0,04 \cdot \frac{8}{1000}} = 531,25N$$

Els anteriors resultats donen uns valors de força acceptables per al utilització d'aquest cargol.



Banc d'assaig de motors de corrent continu de baixa potència

Annex C: Càlcul de la vida dels rodaments

Autor: Núria Puigarnau Coma

Director: Jordi Martínez Miralles

Titulació: Enginyeria Industrial

Data de la convocatòria: setembre 2007





SUMARI ANNEX C

C CÀLCUL DE LA VIDA DELS RODAMENTS

Sumari de Figures	4
Sumari de Taules.....	5
C.1. Introducció	7
C.2. Rodaments-suport 2.....	9
C.2.1. Selecció dels rodaments.....	9
C.2.2. Metodologia de càlcul	12
C.3. Rodament-suport 3.....	17
C.3.1. Selecció del rodament	17
C.3.2. Metodologia de càlcul	18
C.4. Rodament-suport 4.....	23
C.4.1. Metodologia de càlcul	23
C.5. Comprovació dels rodaments incorporats en el motor.....	27



Sumari de Figures

Figura C. 1. Disposició del banc d'assaig	7
Figura C.2. Diagrama sòlid lliure	9
Figura C.3. Forces dinàmiques actuant	14
Figura C.4. Diagrama de forces i moments	15
Figura C.5. Diagrama sòlid lliure, rodament 16010	19
Figura C.6. Diagrama del sòlid lliure equivalent	20
Figura C.7. Diagrama sòlid lliure, rodament 16014	24
Figura C.8. Diagrama sòlid lliure equivalent	25
Figura C.9. Esquema	27
Figura C.10. Anàlisi de forces	27
Figura C.11. Diagrama de forces i moments	28



Sumari de Taules

Taula C.1.Rodaments utilitzats _____	7
Taula C.2.Característiques nominals rodament 628/6-2Z_____	11
Taula C.3. Característiques nominals rodament 16010 _____	17
Taula.C.4. Càrrega estàtica equivalent _____	19
TaulaC.5 Característiques nominals rodament SKF 16014 _____	23
Taula C.6. Càrregues màximes admissibles _____	28





C.1. Introducció

En aquest apartat es calcula la vida dels rodament que componen el banc d'assaig de motors de corrent continu, per tal de comprovar i assegurar el seu bon funcionament.

Rodaments utilitzats:

Identificació	Denominació	Unitats
18	Rodaments SKF 628/6-2Z	2
19	Rodament SKF 16010	1
20	Rodament SKF 16014	1

Taula C.1. Rodaments utilitzats

La situació de cada un d'ells és la següent:

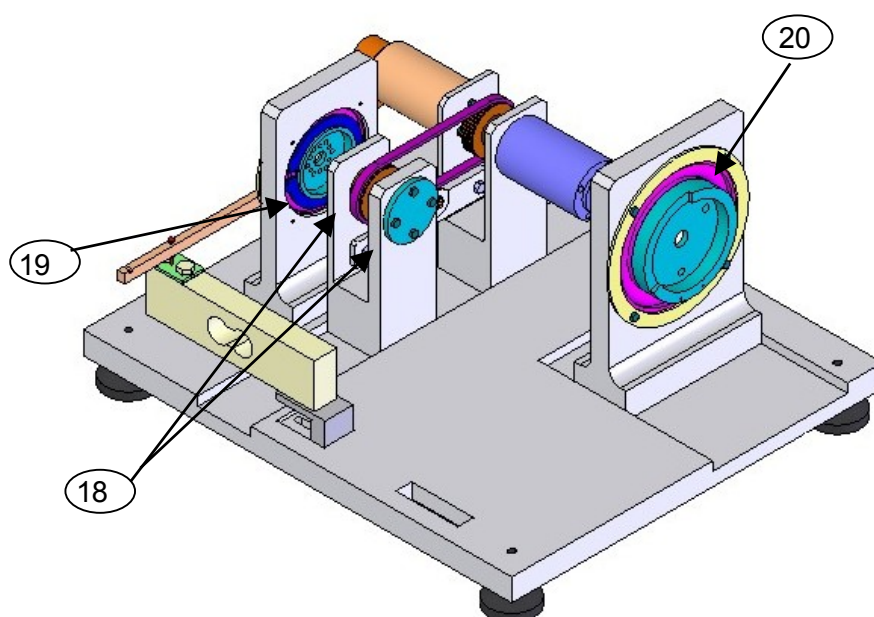


Figura C. 1. Disposició del banc d'assaig

Primerament s'havia pensat en col·locar un altre parell de rodaments, un entre la bancada i el motor maxon RE40 i l'altre a l'eix postís que subjecta el reductor. La idea va ser rebutjada ja que en ambdós casos l'eix disposa de rodaments, ja sigui incorporats dins el motor o al reductor. Cal però calcular si aquest compleixen les condicions requerides.





C.2. Rodaments-suport 2

C.2.1. Selecció dels rodaments

Per tal de poder escollir els rodaments més adequats cal conèixer les forces que afecten a cada un d'ells.

- Diagrama sòlid lliure:

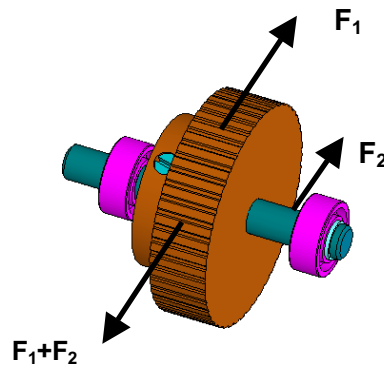


Figura C.2. Diagrama sòlid lliure

Cada tipus de rodament té propietats característiques que el fan particularment adequat per certes aplicacions. No obstant no és possible establir unes regles rígides per la selecció del tipus de rodament, cal considerar diversos factors.

Factors a tenir en compte:

- Espai disponible:

Les característiques de disseny del banc d'assaig imposen una de les dimensions principals del rodament, en aquest cas, el diàmetre interior de 6mm.

Normalment per a eixos de diàmetre petit es seleccionen rodaments rígids de boles.

- Càrregues sobre el rodament:

La magnitud de la càrrega és el factor més important per determinar les dimensions del rodament. En aplicacions on les càrregues a suportar són petites, com és el cas, s'utilitzen rígids de boles. La direcció de la càrrega també és un punt important a tenir en compte.



En el cas d'estudi els rodaments es troben sotmesos a força radial, la qual es perfectament suportada pels rodaments rígids de boles.

- Desalineacions angulars:

No existeixen

- Límit de velocitat:

La velocitat de rotació d'un rodament ve limitada per la temperatura màxima de funcionament permisible. Els rodaments del banc d'assaig estan sotmesos a altes velocitats. Això implica l'aplicació de rodaments de baix fregament ja que donen lloc a una escassa generació de calor interna. Per a càrregues radials s'obté màximes velocitats utilitzant rodaments rígids de boles.

- Precisió:

No s'exigeix funcionar amb rigoroses exigències de exactitud.

- Funcionament silenciós:

Els rodaments rígids de boles, són els que compleixen millor aquesta condició.

- Muntatge i desmuntatge:

No es preveu la necessitat d'efectuar freqüents muntatges i desmuntatges. Això porta a seleccionar un rodament no desmuntables com per exemple els rodaments rígids de boles.



En general, els rodaments rígids de boles presenten les següents característiques:

- Gran versatilitat
- Disseny senzill
- No desmuntable
- Apte per velocitats altes o molt altes
- Resistents
- Exigeixen poc manteniment
- Suporten càrregues axials i radials

Per últim cal dir que els rodaments rígids de boles són els més utilitzats.

Un cop analitzades les condicions demanades, s'ha seleccionat un rodament rígid de boles d'una filera

- **Rodament SKF 628/6-2Z**

Característiques rodament SKF 628/6-2Z	
Tipus	Obturat amb proteccions en els dos costats
Diàmetre interior (d)	6mm
Diàmetre exterior (D)	13mm
Capacitat càrrega dinàmica (C)	0,884kN
Capacitat càrrega estàtica (C₀)	0,345 kN

Taula C.2.Característiques nominals rodament 628/6-2Z



C.2.2. Metodologia de càlcul

Els rodaments es troben sol·licitats dinàmicament ja que:

- Giren a altes velocitats
- Càrrega constant en magnitud i direcció

La duració d'un rodament es defineix com: número de revolucions, o d'hores a una velocitat constant, que el rodament pot aguantar abans d'aparèixer el primer signe de fatiga en una de les seves pistes o cossos rodants.

- Rodament sol·licitat dinàmicament

El procediment normalitzat de càlcul per rodaments sol·licitats dinàmicament està basat en la fatiga del material.

Fórmula duració:

$$L_{10} = L = \left(\frac{C}{P} \right)^p \quad [10^6 \text{ voltes minuts}] \quad (\text{Eq C.1})$$

On:

L_{10} = Vida nominal en voltes per minut

C = Capacitat càrrega dinàmica

P= Càrrega dinàmica equivalent

p= Exponent de la duració

p= 3 per rodaments de boles

p= 10/3 per rodaments de corrons



La duració es pot expressar en hores com:

$$L_{h10} = L_h = \frac{L \cdot 10^6}{n \cdot 60} \text{ [h]} \quad (\text{Eq C.2})$$

On:

L_{h10} = Vida nominal en hores [h]

Combinant fórmules Eq.C.1 i Eq.C.2, s'obté:

$$\sqrt[p]{\frac{L_h}{500}} = \sqrt[p]{\frac{33 \cdot 1 / 3}{n} \cdot \frac{C}{P}} \quad (\text{Eq C.3})$$

$$f_L = f_n \cdot \frac{C}{P} \quad (\text{Eq C.4})$$

On:

f_L = factor dinàmic

f_n = factor de velocitat

El factor de velocitat només depèn de la velocitat de gir, i s'obté per taules del llibre "*Tecnologia de Màquines, Quadern de treball*" [5].

Per $n = 6970 \text{ min}^{-1} \rightarrow f_n = 0,168$

De l'equació anterior es troba el valor del factor dinàmic:

$$f_L = 0,168 \cdot \frac{C}{P} \quad (\text{Eq C.5})$$

La capacitat de càrrega per al rodament escollit és: $C = 0,884 \text{ kN}$



Falta conèixer la càrrega dinàmica equivalent. Aquesta s'obtéindrà de l'anàlisi del diagrama de sòlid lliure:

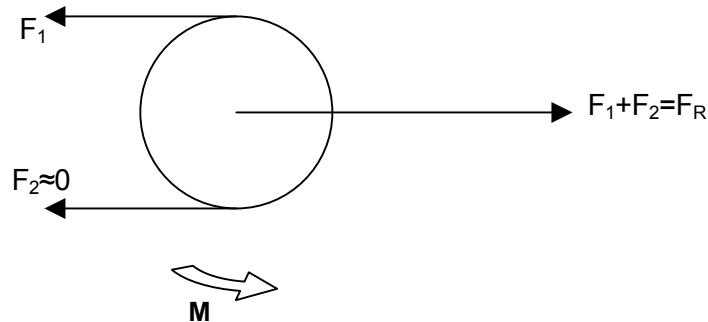


Figura C.3. Forces dinàmiques actuant

Es coneix el parell que es transmet mitjançant la corretja dentada i el diàmetre de la poltja, per tant es pot trobar el valor de F_R .

$$M = 170 \text{ mNm} ; D = 38,2 \text{ mm}$$

$$M = F_1 \cdot \frac{D}{2} \quad (\text{Eq C.6})$$

$$170 = F_1 \cdot \frac{38,2}{2} \rightarrow F_1 = 8,9 \text{ N} ; F_2 = 0 \text{ N} \rightarrow F_R = 8,9 \text{ N}$$

Seguidament es realitza l'anàlisi de forces i moments per conèixer com afecta la força radial a cada un dels rodaments representats com A i B.



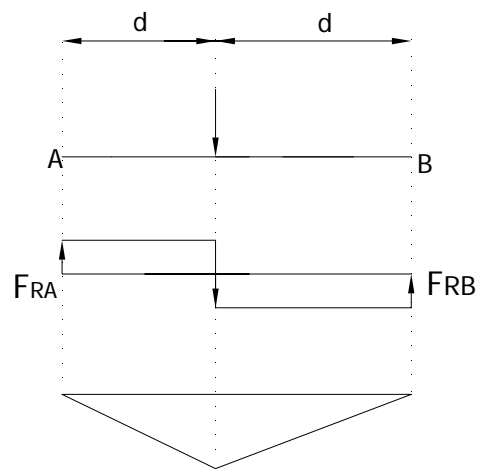


Figura C.4. Diagrama de forces i moments

Sumatori de Forces:

$$\Sigma F=0 \rightarrow F_A+F_B=F_R \quad (\text{Eq C.7})$$

$$F_A+F_B=8,9\text{N}$$

Sumatori de Moments:

$$\Sigma M_C=0 \rightarrow F_R \cdot d_1 = F_B \cdot d_2 \quad (\text{Eq C.8})$$

$$8,9 \cdot 15,9 = F_B \cdot (15,9 + 20,1) \rightarrow F_B = 3,9\text{N}$$

$$F_A + F_B = 8,9\text{N} \rightarrow F_A = 8,9 - 3,9 = 5\text{N}$$

Mitjançant l'Eq C.5 s'obté el marge dinàmic:

- Rodament A $\rightarrow f_L = 29,7 \text{ N}$

- Rodament B $\rightarrow f_L = 38,1\text{N}$



Per últim només queda calcular al duració:

$$\sqrt[p]{\frac{L_h}{500}} = f_L \quad (\text{Eq C.9})$$

- Rodament A:

$$\sqrt[3]{\frac{L_h}{500}} = 29,7 \rightarrow L_h = 13099036,5h > 10000h$$

- Rodament B:

$$\sqrt[3]{\frac{L_h}{500}} = 38,1 \rightarrow L_h = 27653170,5h > 10000h$$

Finalment, es pot afirmar que els rodaments estan ben dimensionats.



C.3. Rodament-suport 3

C.3.1. Selecció del rodament

En aquest cas, es precisa un rodament suficient per aguantar el pes del motor, però a l'hora, suficientment estret per facilitar el muntatge i desmuntatge de l'acoblament elàstic.

En un primer moment s'havia pensat en la utilització de rodament angulars de doble filera, ja que són els que suporten millor el parell provocat pel pes del motor. D'altra banda els rodaments angulars presenten grans dimensions incompatibles amb el disseny proposat.

Cal recordar que aquest rodament és totalment estàtic. Finalment s'ha decidit seleccionar un rodament rígid de boles perquè estàticament aguanta esforços elevats i les dimensions no perjudiquen el disseny del banc d'assaig.

- **Rodament SKF 16010**

Característiques rodament SKF 16010	
Tipus	No obsturat
Diàmetre interior (d)	50mm
Diàmetre exterior (D)	80mm
Amplada (B)	10 mm
Capacitat càrrega dinàmica (C)	16,8kN
Capacitat càrrega estàtica (C₀)	11,4 kN

Taula C.3. Característiques nominals rodament 16010



C.3.2. Metodologia de càlcul

Tal com s'ha comentat anteriorment la funció d'aquest rodament és permetre vascular la carcassa del motor.

- Rodament sol·licitat estàticament

Es considera que els rodament estan sol·licitats estàticament si:

- Gira a velocitat molt baixa.
- Oscil·la lentament, no dona voltes senceres.
- Estacionari sota càrrega durant certs períodes.
- Càrregues de xoc de curta durada, dintre d'una volta.

En càrrega estàtica, la fallada dels rodaments es produeix per deformació.

Per saber si el rodament escollit aguanta la sol·licitació estàtica es calcula el factor d'esforços estàtics.

$$f_s = \frac{C_0}{P_0} \quad (\text{Eq.C.10})$$

On:

f_s = Coeficient de seguretat contra deformacions plàstiques en els punts de contacte amb els elements rodants.

f_s = 1,5 – 2,5 per exigències elevades.

f_s = 1-1,5 per exigències normals.

f_s = 0,7 – 1 per exigències reduïdes.

La càrrega estàtica equivalent P_0 és un valor que es calcula a partir de la següent equació:

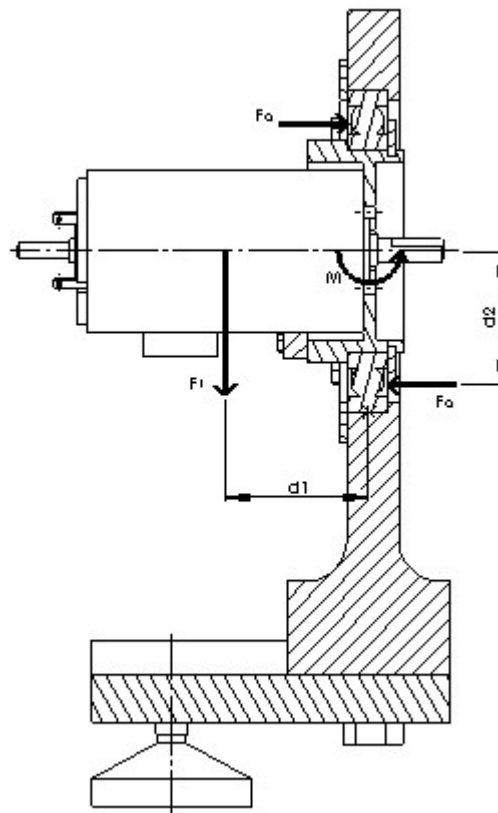
$$P_0 = X_0 \cdot F_r + Y_0 \cdot F_a \quad (\text{Eq.C.11})$$



Relació càrrega	Càrrega estàtica equivalent
$\frac{F_{0a}}{F_{0r}} \leq 0,8$	$P_0 = F_{0r}$
$\frac{F_{0a}}{F_{0r}} > 0,8$	$P_0 = 0,6 \cdot F_{0r} + 0,5 \cdot F_{0a}$

Taula.C.4. Càrrega estàtica equivalent

Seguidament cal calcular la força equivalent a partir del diagrama de sòlid lliure.

**Figura C.5. Diagrama sòlid lliure, rodament 16010**

On:

F_r = Força radial.

Pes del motor Maxon RE40 = 480g = 0.48Kg

M= Moment provocat el pes del motor

d_1 =distància horitzontal, del centre de gravetat del motor al rodament = 35,5mm

d_2 = distància vertical, del punt d'aplicació del moment fins al rodament = 32,5mm

$$M = F_r \cdot d_1 = 0,48 \cdot 35,5 = 17,04 \text{ Nmm} \quad (\text{Eq C.12})$$

$$F_a = \frac{M}{d_2} = \frac{17,04}{32,5} = 0,52 \text{ N} \quad (\text{Eq C.13})$$

Tal com s'ha comentat anteriorment, el rodament es troba sol·licitat estàticament. En aquest cas només treballen la meitat inferior de les boles del rodament. El diagrama del sòlid lliure equivalent a aquesta disposició per la realització dels càlculs és:

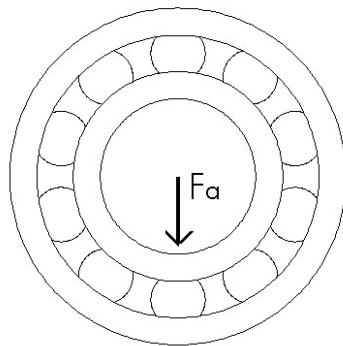


Figura C.6. Diagrama del sòlid lliure equivalent



$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{0}{0,52} = 0 < 0,8 \quad (\text{Eq C.14})$$

$$P_0 = 0,52N$$

Segons l'equació C.10:

$$f = \frac{C_0}{P_0} = \frac{11400N}{0,52N} = 21743N \rightarrow \text{El rodament està sobredimensionat.}$$





C.4. Rodament-suport 4

En aquest cas, les limitacions han estat les mateixes que en el cas anterior.

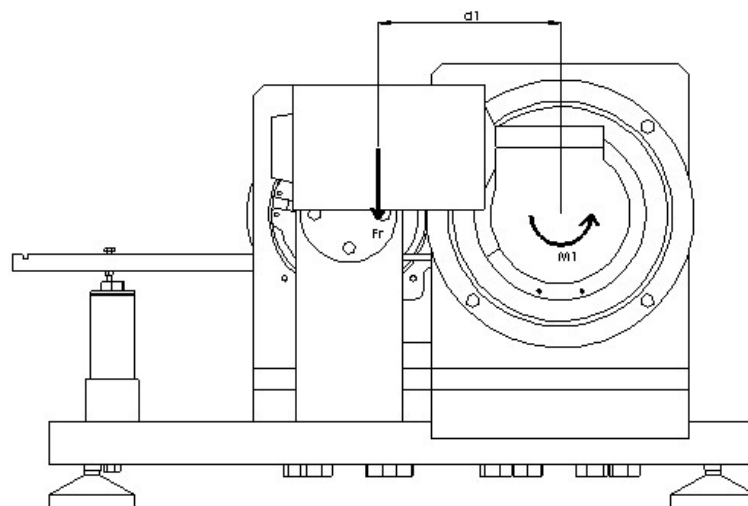
- Diagrama sòlid lliure

Característiques rodament SKF 16014	
Tipus	No obstruat
Diàmetre interior (d)	70mm
Diàmetre exterior (D)	110mm
Amplada (B)	13mm
Capacitat càrrega dinàmica (C)	29,1kN
Capacitat càrrega estàtica (C ₀)	25 kN

TaulaC.5 Característiques nominals rodament SKF 16014

C.4.1. Metodologia de càlcul

- Rodament sol·licitat estàticament



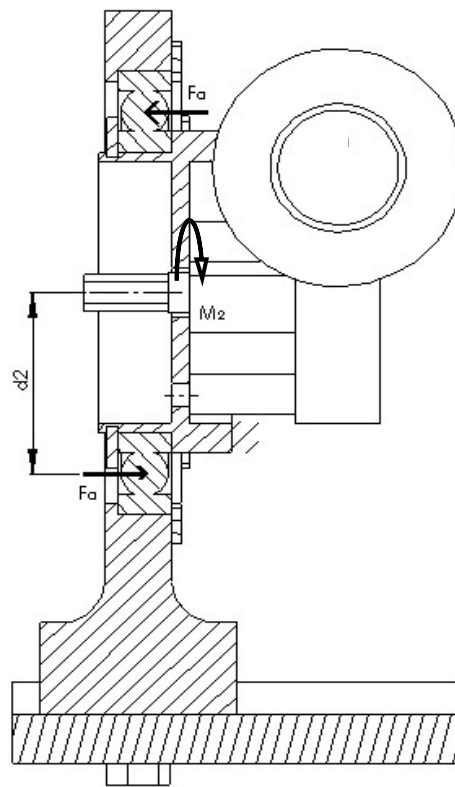


Figura C.7. Diagrama sòlid lliure, rodament 16014

On:

F_r = Força radial.

Pes del motor Bosch-0 390 257 699 = 1,2Kg

M_1 = Moment provocat el pes del motor

$M_2 = -M_1$

d_1 =distància horitzontal = 67,5mm

d_2 = distància vertical = 45mm

$$M_1 = F_r \cdot d_1 = 1,2 \cdot 67,5 = 81 Nmm \quad (\text{Eq C.15})$$

$$F_a = \frac{M_2}{d_2} = \frac{81}{45} = 1,8 N \quad (\text{Eq C.16})$$



Novament el rodament es troba sol·licitat estàticament. El diagrama del sòlid lliure equivalent a aquesta disposició per la realització dels càlculs és:

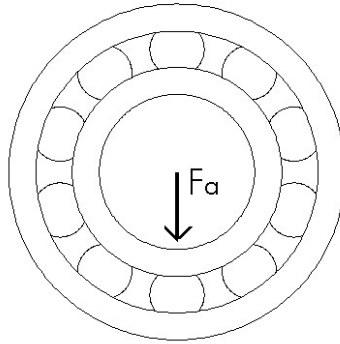


Figura C.8. Diagrama sòlid lliure equivalent

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{0}{1,8} = 0 < 0,8 \quad (\text{Eq C.17})$$

$$P_0 = 1,8N$$

$$f = \frac{C_0}{P_0} = \frac{25000N}{1,8N} = 13888,9 \rightarrow \text{El rodament està sobredimensionat.}$$





C.5. Comprovació dels rodaments incorporats en el motor

Tal com s'ha comentat en l'apartat C.1, l'eix que uneix el motor (Maxon RE 40) i el reductor no han precisat rodaments en la bancada. Aquesta decisió es basa en la incorporació de rodaments interiors en el motor i en el reductor.

En aquest apartat es comprova si la força transmesa pel banc d'assaig pot ser suportada, tal com s'ha suposat inicialment, pels rodaments interns del motor i del reductor.

Primerament cal realitzar un estudi de les forces que apareixen degut a la transmissió .

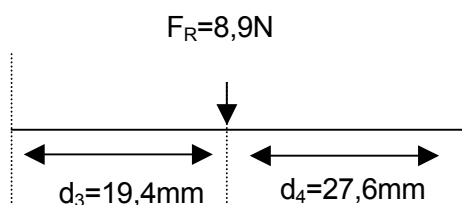


Figura C.9. Esquema

La distància entre rodaments no és la mateixa, per tant cal calcular les forces que afecten a cada un dels rodaments.

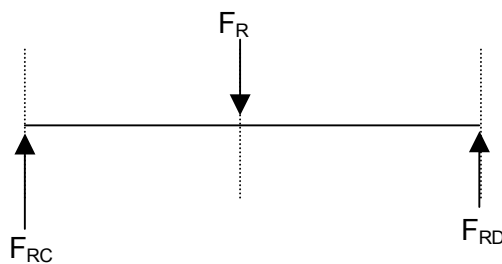


Figura C.10. Anàlisi de forces

Sumatori de Forces:

$$\Sigma F = 0 \quad \rightarrow \quad F_C + F_D = F_R$$

(Eq C.18)

$$F_C + F_D = 8,9\text{N}$$



Sumatori de Moments:

$$\Sigma M_C = 0 \rightarrow F_R \cdot d_3 = F_D \cdot d_4 \quad (\text{Eq C.19})$$

$$8,9 \cdot 19,4 = F_D \cdot (19,4 + 27,6) \rightarrow F_D = 3,7 \text{ N}$$

$$F_C + F_D = 8,9 \text{ N} \rightarrow F_C = 8,9 - 3,7 = 5,2 \text{ N}$$

Diagrama de forces i de moments.

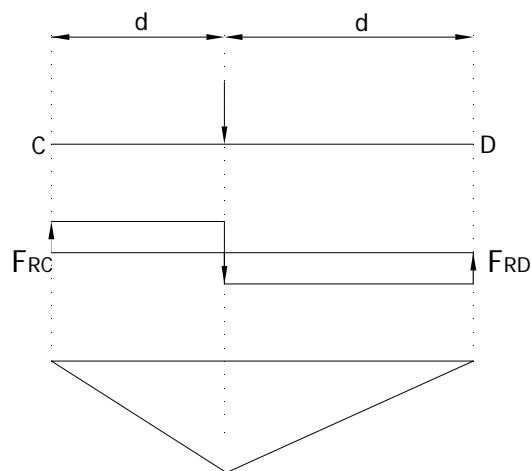


Figura C.11. Diagrama de forces i moments

Comparació els resultats obtinguts amb les càrregues màximes que indica el fabricant.

Motor maxon RE 40	Càrrega radial	28N	<input checked="" type="checkbox"/>
	Càrrega axial	5,6N	<input checked="" type="checkbox"/>
Reductor planetari GP42C	Càrrega radial	120N	<input checked="" type="checkbox"/>
	Càrrega axial	150N	<input checked="" type="checkbox"/>

Taula C.6. Càrregues màximes admissibles

Els rodaments estan ben dimensionats.



Banc d'assaig de motors de corrent continu de baixa potència

Annex D: Pressupost del projecte

Autor: Núria Puigarnau Coma

Director: Jordi Martínez Miralles

Titulació: Enginyeria Industrial

Data de la convocatòria: setembre 2007





SUMARI ANNEX D

D PRESSUPOST DEL PROJECTE

Sumari de Taules.....	4
D.1. Introducció	7
D.2. Cost dels components de sèrie	9
D.2.1. Motors, reductor, encòder.....	9
D.2.2. Elements de transmissió.....	10
D.2.3. Rodaments	10
D.2.4. Elements de fixació i altres	11
D.2.5. Elements de mesura de força.....	12
D.2.6. Cost total dels components de sèrie	13
D.3. Cost dels elements de disseny	15
D.3.1. Cost del material	15
D.3.2. Cost de fabricació	16
D.3.3. Cost total dels components de disseny.....	19
D.4. Cost d'enginyeria.....	21
D.5. Cost total del banc d'assaig	23



Sumari de Taules.

Taula D.1. Cost de motors, reductor i encòder	9
Taula D.2. Cost elements de transmissió	10
Taula D.3. Cost dels rodaments	10
Taula D.4. Cost dels elements de fixació	11
Taula D.5. Cost elements de mesura de força	12
Taula D.6. Cost total dels elements de sèrie	13
Taula D.7. Cost dels materials utilitzats	15
Taula D.8. Cost total material	15
Taula D.9. Cost de fabricació	18
Taula D.10. Cost total elements de disseny	19
Taula D.11. Costos d'enginyeria	21
Taula D.12. Cost total del banc d'assaig	23



Sumari de figures

Figura D.1. Cost total dels elements de sèrie _____	13
Figura D.2. Cost total elements de disseny _____	19
Figura D.3. Cost d'enginyeria _____	21
Figura D.4. Cost total del banc d'assaig _____	23





D.1. Introducció

En aquest apartat es detalla el pressupost previst pel desenvolupament, fabricació i construcció del banc d'assaig de motors de corrent continu de baixa potència.

El pressupost s'ha previst segons diferents partides:

- Cost dels components de sèrie.
- Cost de fabricació dels components de disseny.
- Cost d'enginyeria.

L'impost sobre el valor afegit (I.V.A) s'inclou individualment en cada subtotal.

Aquest annex conté tots els elements que constitueixen el banc d'assaig, exceptuant els motors d'assaig.





D.2. Cost dels components de sèrie

Tal com s'ha comentat en l'apartat 8.2, els elements en sèrie són aquelles peces que no requereixen fabricació pròpia. Corresponen a elements triats mitjançant catàleg, els quals es subministren a través d'empreses distribuïdores.

Els elements de sèrie són els següents:

- Motors, reductor, encòder.
- Elements de transmissió: polijja i corretja.
- Rodaments.
- Elements de fixació i altres.
- Elements de control i de mesura de força.

D.2.1. Motors, reductor, encòder

La següent taula detalla el cost dels motors, reductor i encòder.

Element	Preu unitat [€]	Unitat	Total [€]
Motor Maxon RE40 -148867	241,39	1	241,4
Reductor planetari Maxon GP 42C- 203121	207,55	1	207,5
Encòder Maxon HEDS 5540, 500 ppv, 3 canals - 110513	92,44	1	92,4
Subtotal			541,4
Subtotal + 16% IVA			628

Taula D.1. Cost de motors, reductor i encòder



D.2.2. Elements de transmissió

Cost dels elements de transmissió, politja i corretja.

Element	Preu unitat [€]	Unitat	Total [€]
Politja dentada Optibelt 16 T2.5/48-0	26	2	52
Corretja dentada Optibelt ZRM T 2,5 llargada 315,5, amplada 6mm	10,4	1	10,4
Tensor	20	1	20
Subtotal			82,4
Subtotal + 16% IVA			95,6

Taula D.2. Cost elements de transmissió

D.2.3. Rodaments

El cost d'aquest components es detalla a continuació.

Element	Preu unitat [€]	Unitat	Total [€]
Rodament SKF 628/6-2Z	14,49	2	29
Rodament SKF 16010	12,9	1	13
Rodament SKF 16014	14,25	1	14,3
Subtotal			56
Subtotal + 16% IVA			64,9

Taula D.3. Cost dels rodaments



D.2.4. Elements de fixació i altres

En aquest apartat s'inclouen els acoblaments elàstics, elements necessaris per la unió dels motors d'assaig. Anteriorment no s'han tingut en compte com a components de sèrie perquè el tipus d'acoblament a utilitzar varia segons el motor a utilitzar.

Element	Preu unitat [€]	Unitat	Total [€]
Pota- A040/001	11,8	4	47,2
Cargol M2x12	0,15	2	0,3
Cargol M2x18	0,15	1	0,3
Rosca M2 NF E 27-110	0,15	1	0,3
Cargols M3x14 - NF 27-311,classe 8,8	0,2	28	5,6
Cargols M5x22 - NF 27-311,classe 8,8	0,3	3	0,9
Rosca M5 NF E 27-110	0,3	2	0,6
Cargols M6x10 - NF 27-311,classe 8,8	0,35	2	0,7
Cargols M8x28 - NF 27-311,classe 8,8	0,4	8	3,2
Cargols a pressió M4-10, NF E 27-110	0,35	2	0,64
Circlip 6x0,7 - NF E 22-163	0,4	1	0,4
Circlip 50x2- NF E 22-163	0,7	1	0,7
Circlip 70x2,5 - NF E 22-163	0,8	1	0,8
Acoblament_moto-reductor	29,6	1	29,6
Acoblament_motor	48,42	1	48,42
Subtotal			139,7
Subtotal + 16% IVA			162,1

Taula D.4. Cost dels elements de fixació i altres



D.2.5. Elements de control i de mesura de força

Per últim sols queda detallar el cost dels elements necessaris per mesurar la força.

Element	Preu unitat [€]	Unitat	Total [€]
Cèl·lula de càrrega UTILCELL 160 20Kg	72	1	72
Amplificador HBM; SCOUT55	1.627	1	1.627
ADS Servoamplificador 4-Q-DC	245	1	245
Subtotal			1.944
Subtotal + 16% IVA			2.255

Taula D.5. Cost elements de control i de mesura de força



D.2.6. Cost total dels components de sèrie

Seguidament es sumen els resultats obtinguts en els apartats anteriors, amb l'objectiu d'aconseguir el cost total dels components de sèrie.

Concepte	Subtotal + 16% IVA [€]
Motors, reductor, encòder	628
Elements de transmissió	95,6
Rodaments	64,9
Elements de fixació	162,1
Elements de mesura de força	2.255
Cost total components de sèrie (16% IVA inclòs)	3.205,6

Taula D.6. Cost total dels elements de sèrie

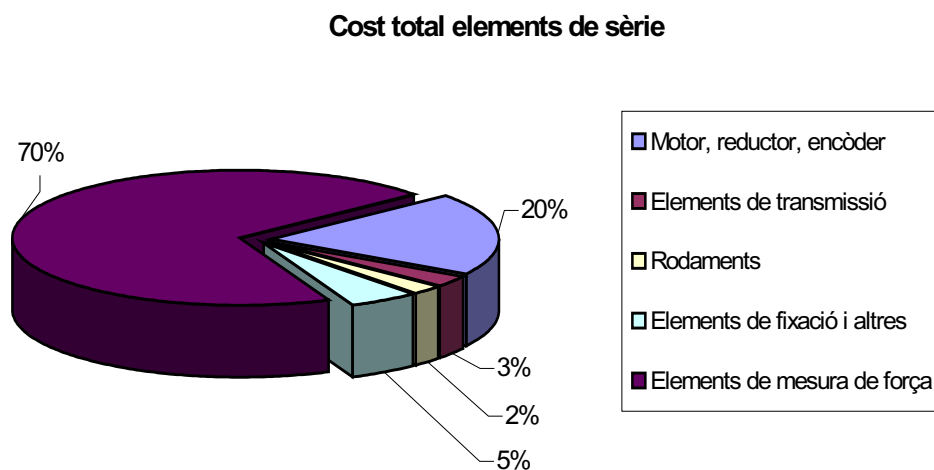


Figura D.1. Cost total dels elements de sèrie





D.3. Cost dels elements de disseny

Els components de disseny són totes aquelles peces que han de ser especialment dissenyades per aquesta aplicació en concret.

En aquest cas cal tenir el compte:

- Cost del material necessari per al fabricació de les peces
- Processos de fabricació.

D.3.1. Cost del material

En aquest apartat es detalla el cost del material necessari per a la fabricació de les peces. El preu especificat correspon als blocs de material inicial i no al material de la peça final.

La següent taula mostra els preus dels materials utilitzats per la construcció del banc d'assaig.

Material	Densitat [g/cm ³]	Preu [€/Kg]
Aliatge d'alumini AlZn6MgCu	2,81	3,4
Acer 2C25	7,86	1,2

Taula D.7. Cost dels materials utilitzats

Conegut el cost dels materials a utilitzar, es detalla el preu total de matèria primera.

Denominació	Volum del bloc [cm ³]	Material	Preu [€]
Suport_1	352,450	AlZn6MgCu	3,367
Suport_2	352,450	AlZn6MgCu	3,367
Suport_3	718,700	AlZn6MgCu	6,866
Suport_4	1.072,800	AlZn6MgCu	10,250
Suport_tensor	25,250	AlZn6MgCu	0,241
Suport_cèl·lula-càrrega	34,220	AlZn6MgCu	0,327



Denominació	Volum del bloc [cm ³]	Material	Preu [€]
Plataforma_inferior	2.941,100	AlZn6MgCu	28,099
Eix 1	14,400	Acer 2C25	0,136
Eix 2	9,200	Acer 2C25	0,087
Peça intermitja_moto-reductor	189,400	Acer 2C25	1,786
Peça intermitja_motor	71,300	Acer 2C25	0,673
Tapeta	30,700	AlZn6MgCu	0,293
Tapeta_suport_moto-reductor	64,340	AlZn6MgCu	0,615
Tapeta_suport_motor	37,715	AlZn6MgCu	0,360
Tija_disposició 1	20,240	Acer 2C25	0,191
Tija_disposició 2	11,350	Acer 2C25	0,107
Platina_cèl·lula càrrega	4,025	Acer 2C25	0,038
Posicionador	0,251	Acer 2C25	0,002
Piu	0,196	AlZn6MgCu	0,002
Subtotal			56,808
Subtotal+16%IVA			65,9

Taula D.8. Cost total material

D.3.2. Cost de fabricació

Per poder comptabilitzar el cost total dels element de disseny, cal detallar el cost dels processos de fabricació necessaris en cada peça. Es realitza un mecanitzat mitjançant una màquina tradicional, torn o fresadora. El preu d'aquest mecanitzat és 30 euros per hora.

En aquest apartat es tenen en compte les dues politges ja que precisen d'algunes modificacions requerides pel disseny del banc.



Denominació	Minuts	Preu [€]
Suport_1	30	15
Suport_2	30	15
Suport_3	30	15
Suport_4	30	15
Suport_tensor	15	7,5
Suport_cèl·lula-càrrega	15	7,5
Plataforma_inferior	15	7,5
Eix 1	30	15
Eix 2	30	15
Peça intermitja_moto-reductor	30	15
Peça intermitja_motor	30	15
Tapeta	30	15
Tapeta_suport_moto-reductor	15	7,5
Tapeta_suport_motor	15	7,5
Tija_disposició 1	15	7,5
Tija_disposició 2	15	7,5
Platina_cèl·lula càrrega	15	7,5
Posicionador	15	7,5
Piu	15	7,5
Politja_1 dentada Optibelt	15	7,5
Politja_2 dentada Optibelt	15	7,5



Subtotal	217.5
Subtotal+16%IVA	252,3

Taula D.9. Cost de fabricació



D.3.3. Cost total dels components de disseny

Tal com s'ha fet per als elements de disseny, es sumen els costos especificats anteriorment per als components de disseny.

Concepte	Subtotal + 16% IVA [€]
Cost de material	65,9
Cost de fabricació	252,3
Cost total components de sèrie (16% IVA inclòs)	318,2

Taula D.10. Cost total elements de disseny

Cost total dels elements de disseny

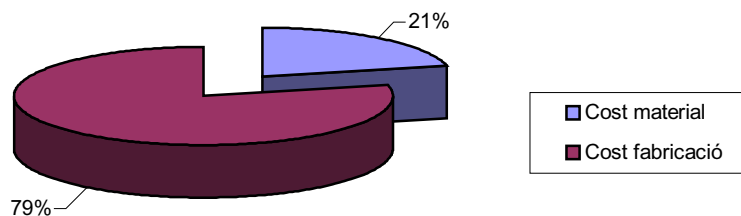


Figura D.2. Cost total elements de disseny





D.4. Cost d'enginyeria

Un punt important a l'hora de detallar el pressupost d'una nova màquina, és el cost d'enginyeria. Aquest contempla el cost de les hores invertides en documentació, disseny, càlculs, elaboració de plànols i muntatge del banc d'assaig.

Concepte	Professional	Preu [€/h]	Temps [h]	Preu [€]
Documentació	Enginyer	45	15	675
Disseny	Enginyer	45	60	2.700
Càlculs	Enginyer	45	13	585
Elaboració de plànols	Delineant	18	50	900
Muntatge i posta a punt	Muntador	18	10	180
Subtotal				5.040
Subtotal + 16% IVA				5.846,4

Taula D.11. Costos d'enginyeria

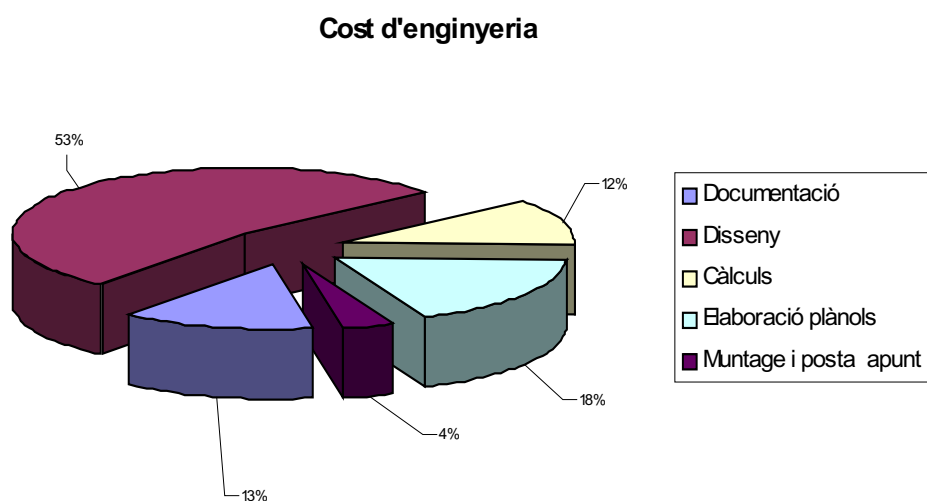


Figura D.3. Cost d'enginyeria





D.5. Cost total del banc d'assaig

Per últim cal sumar els costos anteriors tal com és mostra en la següent taula.

Concepte	Subtotal + 16% IVA [€]
Cost dels element de sèrie	3.205,6
Cost dels element de disseny	318,2
Cost d'enginyeria	5.846,4
Subtotal + 16% IVA	9.370,2

Taula D.12. Cost total del banc d'assaig

Cost total banc d'assaig

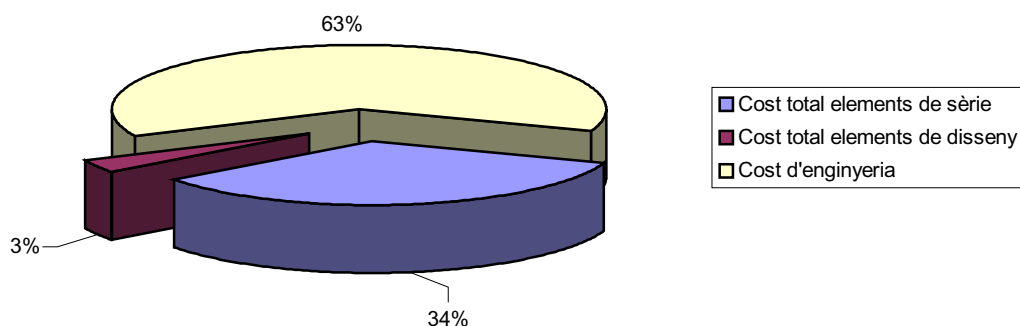


Figura D.4. Cost total del banc d'assaig





Banc d'assaig de motors de corrent continu de baixa potència

Annex E: Catàlegs dels components de sèrie

Autor: Núria Puigarnau Coma

Director: Jordi Martínez Miralles

Titulació: Enginyeria Industrial

Data de la convocatòria: setembre 2007





SUMARI ANNEX E

E CATÀLEGS DELS COMPONENTS DE SÈRIE

E.1. Introducció	5
E.2. Maxon motor	7
E.3. Bosch	11
E.4. Optibelt.....	15
E.5. SKF	22
E.6. York Industries.....	23
E.7. Utilcell	24
E.8. HBM.....	26
E.9. Nutech-eng	28





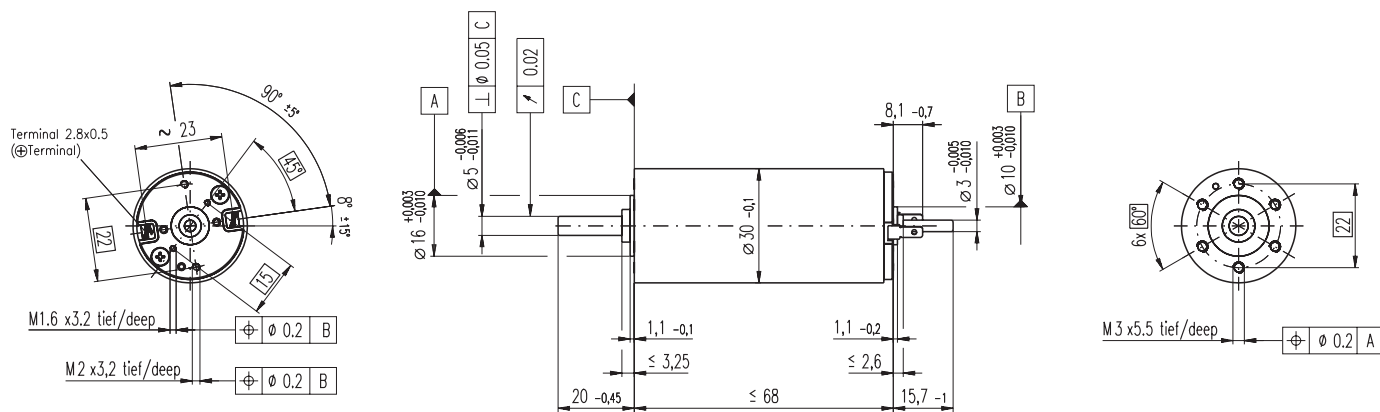
E.1. Introducció

En aquest annex s'inclouen els catàlegs dels elements de sèrie utilitzats en el desenvolupament del projecte.





RE 30 Ø30 mm, Graphite Brushes, 60 Watt



M 1:2

- Stock program
- Standard program
- Special program (on request)

according to dimensional drawing
shaft length 15.7 shortened to 8.7 mm

Order Number

310005	310006	310007	310008	310009
268193	268213	268214	268215	268216

Motor Data

Values at nominal voltage									
1	Nominal voltage	V	12.0	18.0	24.0	36.0	48.0		
2	No load speed	rpm	8170	8590	8810	8590	8490		
3	No load current	mA	300	212	164	106	78.5		
4	Nominal speed	rpm	7630	7900	8050	7810	7750		
5	Nominal torque (max. continuous torque)	mNm	51.7	75.5	85.0	83.4	88.2		
6	Nominal current (max. continuous current)	A	4.00	4.00	3.44	2.20	1.72		
7	Stall torque	mNm	844	991	1020	936	1020		
8	Starting current	A	60.5	49.8	39.3	23.5	19.0		
9	Max. efficiency	%	86	87	87	87	88		
Characteristics									
10	Terminal resistance	Ω	0.198	0.362	0.611	1.53	2.52		
11	Terminal inductance	mH	0.0345	0.0703	0.119	0.281	0.513		
12	Torque constant	mNm / A	13.9	19.9	25.9	39.8	53.8		
13	Speed constant	rpm / V	685	479	369	240	178		
14	Speed / torque gradient	rpm / mNm	9.74	8.71	8.69	9.22	8.33		
15	Mechanical time constant	ms	3.42	3.25	3.03	3.17	3.01		
16	Rotor inertia	gcm ²	33.5	35.7	33.3	32.9	34.5		

Specifications

Thermal data		
17	Thermal resistance housing-ambient	6.0 K / W
18	Thermal resistance winding-housing	1.7 K / W
19	Thermal time constant winding	16.2 s
20	Thermal time constant motor	714 s
21	Ambient temperature	-20 ... +100°C
22	Max. permissible winding temperature	+125°C
Mechanical data (ball bearing)		
23	Max. permissible speed	12000 rpm
24	Axial play	0.05 - 0.15 mm
25	Radial play	0.025 mm
26	Max. axial load (dynamic)	5.6 N
27	Max. force for press fits (static)	110 N
	(static, shaft supported)	1200 N
28	Max. radial loading, 5 mm from flange	28 N

Other specifications

29	Number of pole pairs	1
30	Number of commutator segments	13
31	Weight of motor	238 g

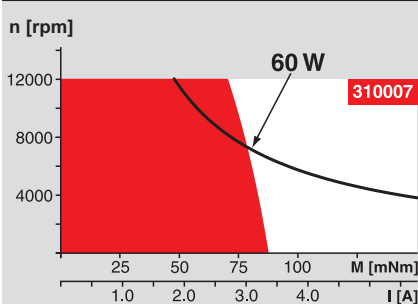
Values listed in the table are nominal.
Explanation of the figures on page 49.

⚠ Tolerances may vary from the standard specification.

Option

Preloaded ball bearings Preload strength min. 2.4 N

Operating Range



Comments

Continuous operation
In observation of above listed thermal resistance (lines 17 and 18) the maximum permissible winding temperature will be reached during continuous operation at 25°C ambient.
= Thermal limit.

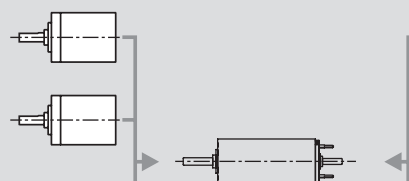
Short term operation
The motor may be briefly overloaded (recurring).

— Assigned power rating

maxon Modular System

Planetary Gearhead
Ø32 mm
0.75 - 4.5 Nm
Page 228

Planetary Gearhead
Ø32 mm
1.0 - 6.0 Nm
Page 229



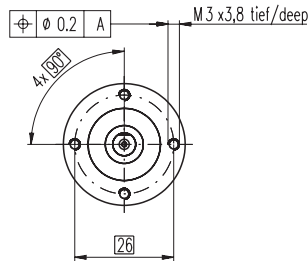
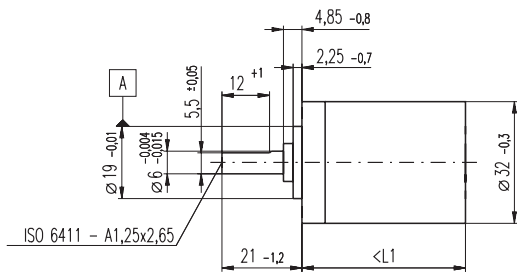
Overview on page 17 - 21

Encoder MR
256 - 1024 CPT
3 channels
Page 247

Recommended Electronics:
ADS 50/5 Page 264
ADS_E 50/5 Page 265
EPOS 24/5 Page 278
EPOS P 24/5 Page 279
MIP 50 Page 281
Notes Page 17

Planetary Gearhead GP 32 C Ø32 mm, 1.0 - 6.0 Nm

Ceramic Version



M 1:2

Technical Data

Planetary Gearhead	straight teeth
Output shaft	stainless steel
Shaft diameter as option	8 mm
Bearing at output	ball bearing
Radial play, 5 mm from flange	max. 0.14 mm
Axial play	max. 0.4 mm
Max. radial load, 12 mm from flange	140 N
Max. permissible axial load	120 N
Max. permissible force for press fits	120 N
Sense of rotation, drive to output	=
Recommended input speed	< 8000 rpm
Recommended temperature range	-20 ... +100°C
Extended area as option	-35 ... +100°C

Option: Low-noise version

- Stock program
- Standard program
- Special program (on request)

Order Number

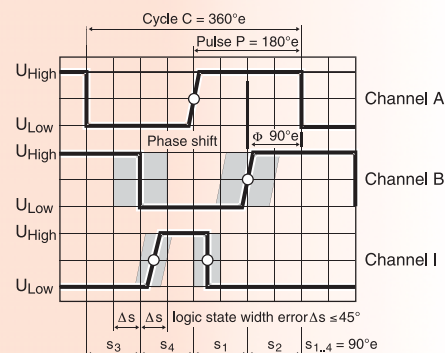
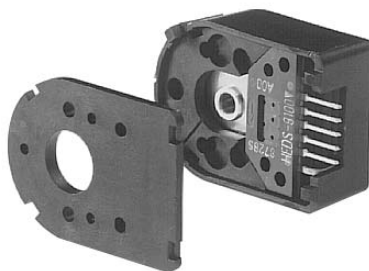
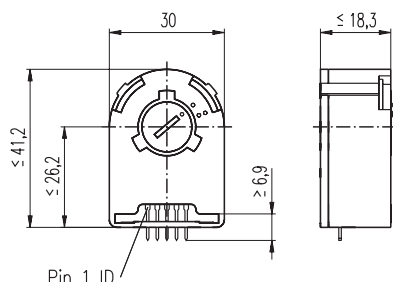
Gearhead Data	166930	166933	166938	166939	166944	166949	166954	166959	166962	166967	166972	166977
1 Reduction	3.7 : 1	14 : 1	33 : 1	51 : 1	111 : 1	246 : 1	492 : 1	762 : 1	1181 : 1	1972 : 1	2829 : 1	4380 : 1
2 Reduction absolute	26/7	676/49	529/16	17576/343	13824/125	421824/1715	86112/175	19044/25	10123776/8575	8626176/4375	495144/175	109503/25
3 Max. motor shaft diameter	mm 6	6	3	6	4	4	3	3	4	4	3	3
Order Number	166931	166934		166940	166945	166950	166955	166960	166963	166968	166973	166978
1 Reduction	4.8 : 1	18 : 1		66 : 1	123 : 1	295 : 1	531 : 1	913 : 1	1414 : 1	2189 : 1	3052 : 1	5247 : 1
2 Reduction absolute	24/5	624/35		16224/245	6877/56	101062/343	331776/625	36501/40	2425488/1715	536406/245	1907712/625	839523/160
3 Max. motor shaft diameter	mm 4	4		4	3	3	4	3	3	3	3	3
Order Number	166932	166935		166941	166946	166951	166956	166961	166964	166969	166974	166979
1 Reduction	5.8 : 1	21 : 1		79 : 1	132 : 1	318 : 1	589 : 1	1093 : 1	1526 : 1	2362 : 1	3389 : 1	6285 : 1
2 Reduction absolute	23/4	299/14		3887/49	3312/25	389376/1225	20631/35	279841/256	9345024/6125	2066688/875	474513/140	6436343/1024
3 Max. motor shaft diameter	mm 3	3		3	3	4	3	3	4	3	3	3
Order Number		166936		166942	166947	166952	166957		166965	166970	166975	
1 Reduction		23 : 1		86 : 1	159 : 1	411 : 1	636 : 1		1694 : 1	2548 : 1	3656 : 1	
2 Reduction absolute		576/25		14976/175	1587/10	359424/875	79488/125		1162213/686	7962624/3125	457056/125	
3 Max. motor shaft diameter	mm 4	4		4	3	4	3		3	4	3	
Order Number		166937		166943	166948	166953	166958		166966	166971	166976	
1 Reduction		28 : 1		103 : 1	190 : 1	456 : 1	706 : 1		1828 : 1	2623 : 1	4060 : 1	
2 Reduction absolute		138/5		3588/35	12167/64	89401/196	158171/224		2238912/1225	2056223/784	363793/896	
3 Max. motor shaft diameter	mm 3	3		3	3	3	3		3	3	3	
4 Number of stages	1	2	2	3	3	4	4	4	5	5	5	5
5 Max. continuous torque	Nm 1	3	3	6	6	6	6	6	6	6	6	6
6 Intermittently permissible torque at gear output	Nm 1.25	3.75	3.75	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
7 Max. efficiency	% 80	75	75	70	70	60	60	60	50	50	50	50
8 Weight	g 118	162	162	194	194	226	226	226	258	258	258	258
9 Average backlash no load	° 1.4	1.6	1.6	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
10 Mass inertia	gcm ² 1.5	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
11 Gearhead length L1	mm 26.4	36.3	36.3	43.0	43.0	49.7	49.7	49.7	56.4	56.4	56.4	56.4



Combination

+ Motor	Page	+ Tacho / Brake	Page	Overall length [mm] = Motor length + gearhead length + (tacho / brake) + assembly parts								
RE 25, 10 W	77			81.0	90.9	90.9	97.6	97.6	104.3	104.3	111.0	111.0
RE 25, 10 W	77	MR	246	92.0	101.9	101.9	108.6	108.6	115.3	115.3	122.0	122.0
RE 25, 10 W	77	Enc 22	248	95.1	105.0	105.0	111.7	111.7	118.4	118.4	125.1	125.1
RE 25, 10 W	77	HED_ 5540	250/252	101.8	111.7	111.7	118.4	118.4	125.1	125.1	131.8	131.8
RE 25, 10 W	77	DCT 22	259	103.3	113.2	113.2	119.9	119.9	126.6	126.6	133.3	133.3
RE 25, 20 W	78			81.0	90.9	90.9	97.6	97.6	104.3	104.3	111.0	111.0
RE 25, 20 W	78	MR	246	92.0	101.9	101.9	108.6	108.6	115.3	115.3	122.0	122.0
RE 25, 20 W	78	Enc 22	248	95.1	105.0	105.0	111.7	111.7	118.4	118.4	125.1	125.1
RE 25, 20 W	78	HED_ 5540	250/252	101.8	111.7	111.7	118.4	118.4	125.1	125.1	131.8	131.8
RE 25, 20 W	78	DCT 22	259	103.3	113.2	113.2	119.9	119.9	126.6	126.6	133.3	133.3
RE 25, 20 W	78	AB 40	289	115.1	125.0	125.0	131.7	131.7	138.4	138.4	145.1	145.1
RE 25, 20 W	78	HED_ 5540/AB 40	250/289	132.2	142.1	142.1	148.8	148.8	155.5	155.5	162.2	162.2
RE 26, 18 W	79			85.3	95.2	95.2	101.9	101.9	108.6	108.6	115.3	115.3
RE 26, 18 W	79	MR	246	96.3	106.2	106.2	112.9	112.9	119.6	119.6	126.3	126.3
RE 26, 18 W	79	Enc 22	248	102.7	112.6	112.6	119.3	119.3	126.0	126.0	132.7	132.7
RE 26, 18 W	79	HED_ 5540	250/252	103.7	113.6	113.6	120.3	120.3	127.0	127.0	133.7	133.7
RE 26, 18 W	79	DCT 22	259	106.3	116.2	116.2	122.9	122.9	129.6	129.6	136.3	136.3
RE 30, 60 W	80			94.5	104.4	104.4	111.1	111.1	117.8	117.8	124.5	124.5
RE 30, 60 W	80	MR	247	105.9	115.8	115.8	122.5	122.5	129.2	129.2	135.9	135.9
RE 35, 90 W	81			97.4	107.3	107.3	114.0	114.0	120.7	120.7	127.4	127.4
RE 35, 90 W	81	MR	247	108.8	118.7	118.7	125.4	125.4	132.1	132.1	138.8	138.8
RE 35, 90 W	81	HED_ 5540	250/252	118.4	128.3	128.3	135.0	135.0	141.7	141.7	148.4	148.4
RE 35, 90 W	81	DCT 22	259	115.5	125.4	125.4	132.1	132.1	138.8	138.8	145.5	145.5
RE 35, 90 W	81	AB 40	289	133.5	143.4	143.4	150.1	150.1	156.8	156.8	163.5	163.5
RE 35, 90 W	81	HEDS 5540 / AB 40	250/289	150.6	160.5	160.5	167.2	167.2	173.9	173.9	180.6	180.6
RE 36, 70 W	82			97.7	107.6	107.6	114.3	114.3	121.0	121.0	127.7	127.7
RE 36, 70 W	82	MR	247	109.1	119.0	119.0	125.7	125.7	132.4	132.4	139.1	139.1
RE 36, 70 W	82	HED_ 5540	250/252	118.7	128.6	128.6	135.3	135.3	142.0	142.0	148.7	148.7
RE 36, 70 W	82	DCT 22	259	115.8	125.7	125.7	132.4	132.4	139.1	139.1	145.8	145.8

Encoder HEDS 5540, 500 Counts per turn, 3 Channels



- Stock program
- Standard program
- Special program (on request)

Order Number

110511 110513 110515

Type			
Counts per turn	500	500	500
Number of channels	3	3	3
Max. operating frequency (kHz)	100	100	100
Shaft diameter (mm)	3	4	6



Combination							
+ Motor	Page	+ Gearhead	Page	+ Brake	Page	Overall length [mm]	see: + Gearhead
RE 25, 10 W	77					75.3	
RE 25, 10 W	77	GP 26, 0.5 - 2.0 Nm	224			•	
RE 25, 10 W	77	GP 32, 0.4 - 2.0 Nm	226			•	
RE 25, 10 W	77	GP 32, 0.75 - 6.0 Nm	227/229			•	
RE 25, 20 W	78					75.3	
RE 25, 20 W	78	GP 26, 0.5 - 2.0 Nm	224			•	
RE 25, 20 W	78	GP 32, 0.4 - 2.0 Nm	226			•	
RE 25, 20 W	78	GP 32, 0.75 - 6.0 Nm	227/229			•	
RE 25, 20 W	78			AB 40	289	105.7	
RE 25, 20 W	78	GP 26, 0.5 - 2.0 Nm	224	AB 40	289	•	
RE 25, 20 W	78	GP 32, 0.4 - 2.0 Nm	226	AB 40	289	•	
RE 25, 20 W	78	GP 32, 0.75 - 6.0 Nm	227/229	AB 40	289	•	
RE 26, 18 W	79					77.2	
RE 26, 18 W	79	GP 26, 0.5 - 2.0 Nm	224			•	
RE 26, 18 W	79	GP 32, 0.4 - 2.0 Nm	226			•	
RE 26, 18 W	79	GP 32, 0.75 - 6.0 Nm	227/229			•	
RE 35, 90 W	81						91.9
RE 35, 90 W	81	GP 32, 0.75 - 6.0 Nm	228/229			•	
RE 35, 90 W	81	GP 42, 3.0 - 15 Nm	232			•	
RE 35, 90 W	81			AB 40	289	124.1	
RE 35, 90 W	81	GP 32, 0.75 - 6.0 Nm	228/229	AB 40	289	•	
RE 35, 90 W	81	GP 42, 3.0 - 15 Nm	232	AB 40	289	•	
RE 36, 70 W	82						92.2
RE 36, 70 W	82	GP 32, 0.4 - 2.0 Nm	226			•	
RE 36, 70 W	82	GP 32, 0.75 - 6.0 Nm	228/229			•	
RE 36, 70 W	82	GP 42, 3.0 - 15 Nm	232			•	
RE 40, 150 W	83						91.7
RE 40, 150 W	83	GP 42, 3.0 - 15 Nm	232			•	
RE 40, 150 W	83	GP 52, 4.0 - 30 Nm	235			•	
RE 40, 150 W	83			AB 40	289	124.2	
RE 40, 150 W	83	GP 42, 3.0 - 15 Nm	232	AB 40	289	•	
RE 40, 150 W	83	GP 52, 4.0 - 30 Nm	235	AB 40	289	•	

Technical Data

Supply voltage	5 V ± 10 %
Output signal	TTL compatible
Phase shift Φ (nominal)	90°e
Logic state width s	min. 45°e
Signal rise time (typical at $C_L = 25$ pF, $R_L = 2.7$ k Ω , 25°C)	180 ns
Signal fall time (typical at $C_L = 25$ pF, $R_L = 2.7$ k Ω , 25°C)	40 ns
Index pulse width (nominal)	90°e
Operating temperature range	-40 ... +100°C
Moment of inertia of code wheel	≤ 0.6 gcm ²
Max. angular acceleration	250 000 rad s ⁻²
Output current per channel	min. -1 mA, max. 5 mA

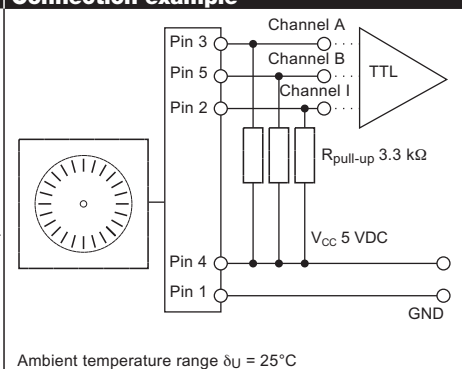
Pin Allocation

Encoder	Designation	Pin no. from 3409.506
Pin 5	Channel B	1
Pin 4	V _{CC}	2
Pin 3	Channel A	3
Pin 2	Channel I	4
Pin 1	GND	5

Cable with plug:
maxon Art. No. 3409.506
The plug (Harting 09185066803) can be fixed in the required position.

Cable with plug: (compatible with Encoder HEDS5010)
maxon Art. No. 3409.504
The plug (3M 89110-0101) can be fixed in the required position.

Connection example



4-Q-DC Servoamplifier



LSC 30/2 4-Q-DC Servoamplifier
Linear 4-Quadrant servoamplifier for permanent magnet-activated DC motors up to approx. 50 watts.



ADS 50/5 4-Q-DC Servoamplifier
Powerful PWM servoamplifier for permanent magnet-activated DC motors from 10 to approx. 250 watts output power. Available as Standard Version in module housing.

Operating modes

	IxR compensation, regulator operation, encoder regulator, DC tachometer and current regulator	IxR compensation, encoder regulator, DC tachometer, current regulator
Electrical data		
Operating voltage V_{cc} (ripple < 5%)	12 - 30 VDC	12 - 50 VDC
Max. output voltage	$V_{cc} - 5\text{ V}$	$0.9 \times V_{cc}$
Max. output current I_{max}	2 A	10 A
Continuous output current I_{cont}	2 A	5 A
Switching frequency		50 kHz
Max. efficiency		95 %
Built-in motor choke		150 μH / 5 A
Input		
Set value	Configurable, -10 ... +10 V, -3.9 ... +3.9 V	-10 ... +10 V
Enable / Disable	Disable Disable min. $V_{cc} - 1\text{ V}$, Enable max. GND + 1 V	Enable +4 ... +50 V
DC tachometer	Min. 2 VDC, max. 50 VDC	Min. 2 VDC, max. 50 VDC
Encoder signals	Channel A and B, max. 100 kHz, TTL	Channels A, A \bar , B, B \bar , max. 100 kHz, TTL
Output		
Status reading «READY»	Open Collector, max. 30 VDC ($I_L < 20\text{ mA}$)	Open collector max. 30 VDC ($I_L < 20\text{ mA}$)
Monitor current «Monitor I»		-10 ... +10 VDC (short circuit protected)
Monitor speed «Monitor n»		-10 ... +10 VDC (short circuit protected)
Voltage outputs		
Auxiliary voltages	+3.9 VDC, -3.9 VDC, max. 2 mA	+12 VDC, -12 VDC, max. 12 mA (short circuit prot.)
Encoder supply voltage	+5 VDC, max. 80 mA	+5 VDC, max. 80 mA
Trim potentiometers	I x R compensation, Offset, n_{max} , I_{max} , gain	I x R compensation, Offset, n_{max} , I_{max} , gain
Protective functions	Heat monitoring of power stage	Protected against overtemperature, overcurrent and short-circuit of motor
Indicator	Green LED = READY, red LED = ERROR	Bi-colour LED, green = READY, red = ERROR
Ambient temperature / Humidity range		
Operation	0 ... +45°C	-10 ... +45°C
Storage	-40 ... +85°C	-40 ... +85°C
No condensation	20 ... 80 %	20 ... 80 %
Mechanical Data		
Weight	Approx. 330 g	Approx. 400 g
Dimensions (L x W x H)	103 x 100 x 34 mm (see page 266)	180 x 103 x 26 mm (see page 266)
Mounting threads	Flange for M4-screws	Flange for M4-screws
Connections	See page 266	See page 266
Order Number		
	250521 LSC 30/2, 4-Q-DC Servoamplifier in modular housing	145391 ADS 50/5, 4-Q-DC Servoamplifier Standard Version in module housing

Accessories

235811 DSR 70/30 Shunt regulator

CDP 24 V 22 W

Data sheet

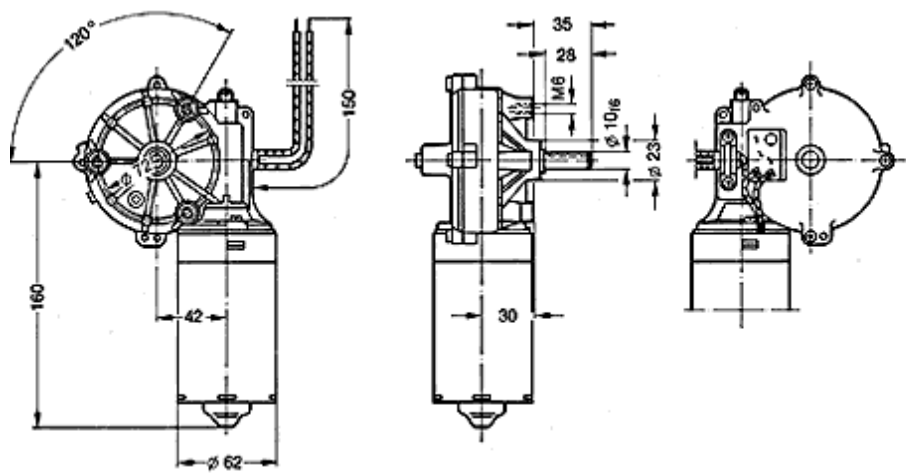
DC motors with gear assembly



Fig.: Product picture

Part number 0 390 242 401

Nominal voltage	U_N	24 V
Nominal power	P_N	22 W
Nominal current	I_N	4 A
Maximum current	I_{\max}	15 A
Nominal speed	n_N	35 min^{-1}
Continuous torque	M_N	6 Nm
Breakaway torque	M_A	30 Nm



CEP 24 V 10,5 W

Data sheet

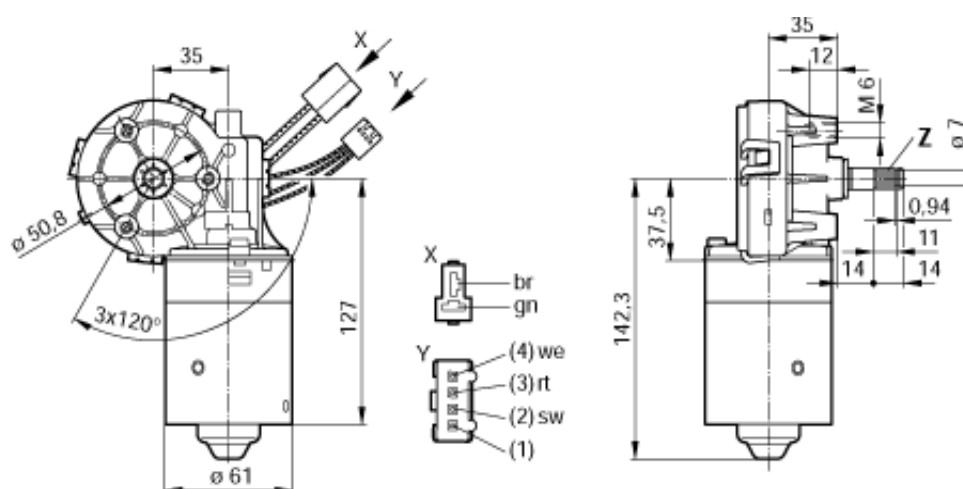
DC motors with gear assembly



Fig.: Product picture

Part number 0 390 257 653

Nominal voltage	U_N	24 V
Nominal power	P_N	10,5 W
Nominal current	I_N	2,5 A
Maximum current	I_{\max}	11 A
Nominal speed	n_N	26 min ⁻¹
Continuous torque	M_N	4 Nm
Breakaway torque	M_A	22 Nm



CEP 24 V 12/16,5 W

Data sheet

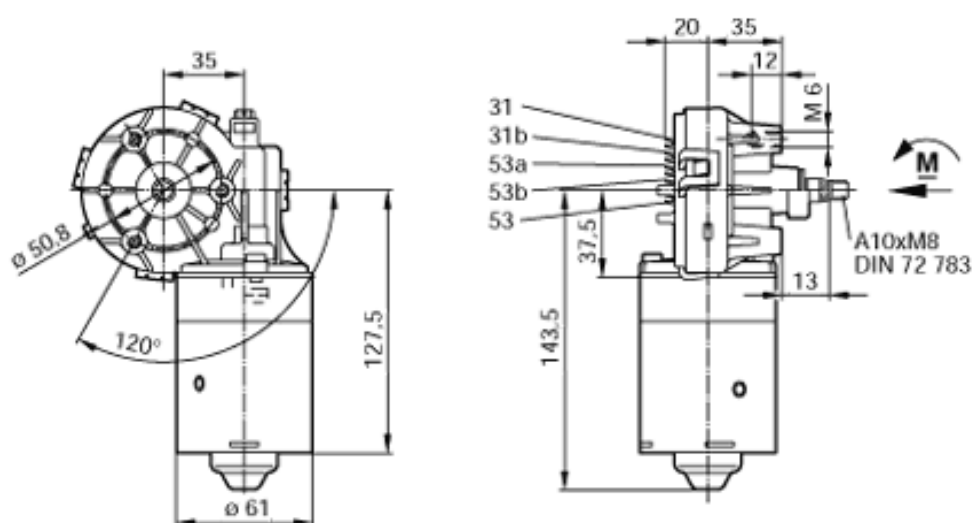
DC motors with gear assembly



Fig.: Product picture

Part number 0 390 242 301

Nominal voltage	U_N	24 V
Nominal power	P_N	12/16,5 W
Nominal current	I_N	2,5/3,5 A
Maximum current	I_{\max}	9/12 A
Nominal speed	n_N	26/45 min ⁻¹
Continuous torque	M_N	4,5/3,5 Nm
Breakaway torque	M_A	23/20 Nm



CHP 24 V 12 W

Data sheet

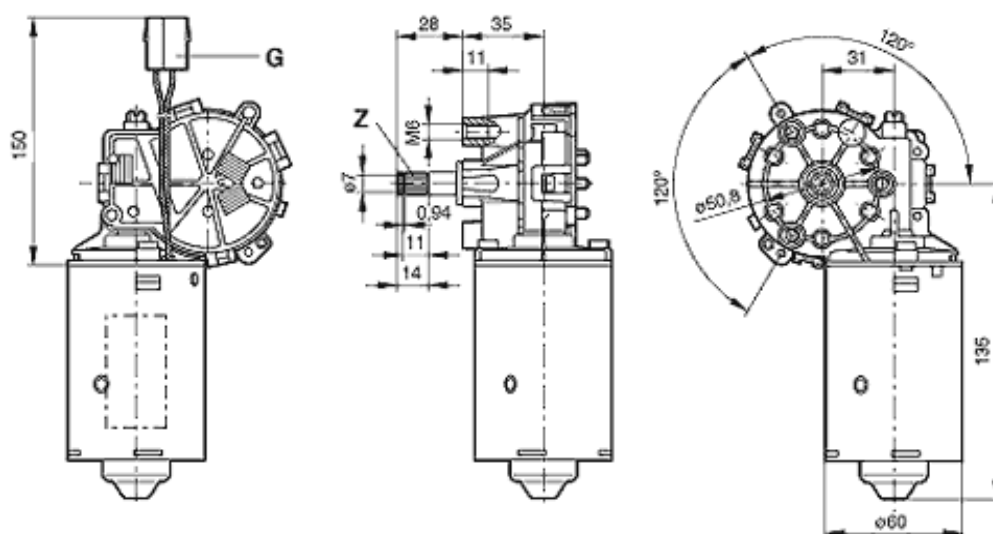
DC motors with gear assembly



Fig.: Product picture

Part number 0 390 257 689

Nominal voltage	U_N	24 V
Nominal power	P_N	12 W
Nominal current	I_N	2,5 A
Maximum current	I_{\max}	11 A
Nominal speed	n_N	29 min^{-1}
Continuous torque	M_N	4 Nm
Breakaway torque	M_A	22 Nm



2. Basics of Drive Design

2.1 Service factors, additional factors and formulae

Total service factor c_2

The total service factor comprises the basic service factor c_0 and two further correction factors c_6 and c_8 .

$$c_2 = c_0 + c_6 + c_8$$

Basic service factor c_0

The basic service factor c_0 takes into account the daily duration of operation, the type of prime mover and the type of driven machine. As it is virtually impossible to cover every combination of prime mover/machine/operating condition in a single standardised summary, the basic service factors must be taken as **guides** only. The final drive will depend upon the loads involved in each case.

Table 2.1: Basic service factor c_0

<div>C₀</div>	Service conditions and examples of prime movers			
	Steady operation		Intermittent operation	
	Electric motors High-speed turbines Piston engines with large number of cylinders		Hydraulic motors Low-speed turbines Piston engines with small number of cylinders	
Type of service and examples of machine applications	Service factor c ₀ at number of operating hours per day			
	up to 16 h	over 16 h	up to 16 h	over 16 h
Lightweight drives, shock-free and steady running Measuring equipment Film cameras Office machinery Belt conveyor systems (lightweight goods)	1.3	1.4	1.4	1.5
Medium drives, intermittent operation with low to medium shock loading Mixing machines Kitchen machines Printing machines Textile machines Packaging machines Belt conveyor systems (heavy goods)	1.6	1.7	1.8	1.9
Heavy duty drives, intermittent operation with medium to high shock loading Machine tools Woodworking machines Eccentric drives Belt conveyor systems (heavy goods)	1.8	1.9	2.0	2.1
Very heavy duty drives, continuous operation with high shock loading Grinding mills Calenders Extruders Piston pumps and compressors Lifting gear	2.0	2.1	2.2	2.3

2. Basics of Drive Design

2.1 Service factors, additional factors and formulae

Correction factor c_6 and c_8

Like the basic service factor c_0 , the factors to be added for pulleys and idlers c_6 and for start / stop frequency under load c_8 are to be taken as **approximations** only. These factors are allowances to be made for unusual operating conditions and are added where applicable to the basic service factor c_0 .

Table 2.2: Correction factors c_6 and c_8 for special operating conditions

Type of operating conditions	Designation and value of correction factor	Remarks
Use of tensioning and guide idlers	$c_6 = 0.2$	0.2 per idler to a maximum of 1.0
Start/stop and/or reversing under load	$c_8 = 0.1 \dots 0.3$	depending upon frequency, up to approx. 1.5 times nominal torque with low start-up torque (e.g. star/delta connection)
	$c_8 = 0.3 \dots 0.5$	depending upon frequency, above approx. 1.5 times nominal torque with high start-up torque

The correction factor c_6 applies when more than two pulleys are used. Such use of additional pulleys must be separately checked at the design stage.

Large drive torque of inertia should be classified as external loads.

Drive calculation ZRM/ZRP see page 22
 Drive calculation ZRL-M see page 30
 Drive calculation ZRL-V see page 33

Length factor c_3 for ZRM/ZRP belts

The **approximate values** for the length factor c_3 are given in Table 2.3 and apply only to rotating highly loaded drives fitted with ZRM/ZRP timing belts.

The length factor c_3 takes into account the increase or decrease of belt flexing when using a short or long belt.

Table 2.3: length factor c_3 for ZRM/ZRP belts

Section	Pitch length L_w (mm)	Length factor c_3
MXL; T 2.5	≤ 190	0.8
	$> 190 \leq 260$	0.9
	$> 260 \leq 400$	1.0
	> 400	1.1
XL; T 5 (D); AT 5	≤ 440	0.8
	$> 440 \leq 555$	0.9
	$> 555 \leq 800$	1.0
	> 800	1.1
L; T 10 (D); AT 10	≤ 600	0.8
	$> 600 \leq 920$	0.9
	$> 920 \leq 1500$	1.0
	> 1500	1.1
T 20 (D); AT 20	≤ 1260	0.8
	$> 1260 \leq 1880$	0.9
	$> 1880 \leq 3000$	1.0
	> 3000	1.1

Formulae for explanation of symbols see page 14

For $i = 1$ or $z = z_1 = z_2$

$$L_w = 2 \cdot a_{\text{nom}} + z \cdot t \quad (\text{mm}) \quad a_{\text{nom}} = \frac{z_R - z}{2} t \quad (\text{mm})$$

driven torque and driven power

$$\begin{aligned} M_{Ab} &= \frac{d_{w2} \cdot S_{n3}}{2000} \quad (\text{Nm}) & P_{Ab} &= \frac{M_{Ab} \cdot n_{2\text{eff}}}{9550} \quad (\text{kW}) \\ M_{Ab} &= \frac{d_{w2} \cdot P_{Ab}}{2 \cdot v_{\text{eff}}} \quad (\text{Nm}) & P_{Ab} &= \frac{S_{n3} \cdot v_{\text{eff}}}{1000} \quad (\text{kW}) \\ M_{Ab} &= \frac{9550 \cdot P_{Ab}}{n_{2\text{eff}}} \quad (\text{Nm}) & P_{Ab} &= \frac{S_{n3} \cdot d_{w2} \cdot n_{2\text{eff}}}{19100 \cdot 1000} \quad (\text{kW}) \end{aligned}$$

General

$$z_R = \frac{L_w}{t}$$

General

$$v_{\text{eff}} = \frac{d_{w1} \cdot n_1}{19100} = \frac{d_{w2} \cdot n_{2\text{eff}}}{19100} \quad \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

$$i_{\text{eff}} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{d_{w2}}{d_{w1}} = \frac{n_1}{n_{2\text{eff}}} \quad i = \frac{n_1}{n_2}$$

$$d_{w1} = \frac{z_1 \cdot t}{\pi} \quad d_{w2} = \frac{z_2 \cdot t}{\pi} \quad (\text{mm})$$

Note the units used for the individual parts of the formulae. The formulae for the driven torque and driven power also apply for the driver side using the formula symbols M_{An} , P_{An} , d_{w1} and n_1 in place of M_{Ab} , P_{Ab} , d_{w2} and $n_{2\text{eff}}$.

3.3 ZRM/ZRP Belt Selection Graphs

Power rating graphs for section selection and maximum belt speeds for
Optibelt-ZRM/ZRP timing belts, $Z_{\text{emax}} = 12$

The belt speeds given in table 3.4 should not be exceeded for the standard drives. For belt speeds close to these maximum values, increased belt tension is necessary.

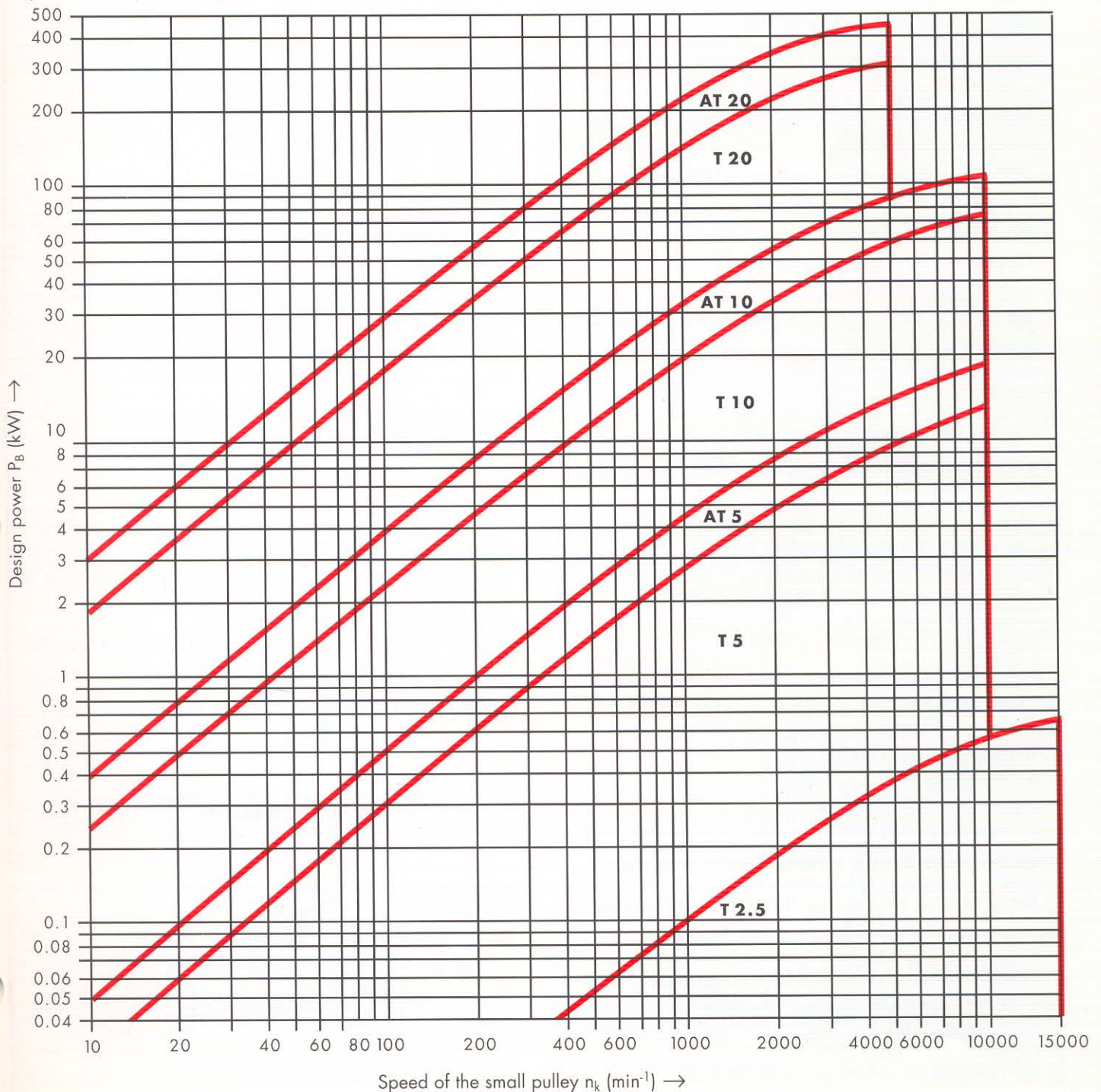
$$v = \frac{d_{w1} \cdot n_1}{19100} = \frac{d_{w2} \cdot n_2}{19100} \quad \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

The smaller of the two drive pulleys is used for the calculation irrespective of whether it is used as a driver or a driven pulley.

The values given for the transmissible power P_{spez} (W/cm) in Table 3.5, page 25 are based on one tooth in mesh, a 10 mm timing belt width and one tooth of the small pulley.

These values are not based on the belt tension cord strength, but on the shear strength of the teeth based on the particular mode of operation.

Graph 3.2: ZRM power ranges





3.6 ZRM/ZRP Power Rating Table

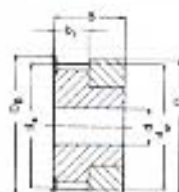
Power ratings for Optibelt-ZRM/ZRP Timing Belts $z_{\text{emax}} = 12$

n_k [min⁻¹]

Table 3.5: ZRM/ZRP power ratings*

Speed of small pulley n_k (min ⁻¹)	P_{spez} (W/cm)									
	MXL	XL	L	T 2,5	T 5 (D)	T 10 (D)	T 20 (D)	AT 5	AT 10	AT 20
20	0.006	0.037	0.101	0.006	0.035	0.137	0.561	0.055	0.221	0.858
40	0.012	0.074	0.201	0.012	0.069	0.273	1.113	0.109	0.440	1.705
60	0.017	0.110	0.300	0.017	0.103	0.407	1.656	0.162	0.656	2.539
80	0.023	0.146	0.397	0.023	0.137	0.539	2.191	0.215	0.870	3.361
100	0.029	0.181	0.493	0.029	0.170	0.670	2.718	0.268	1.081	4.172
200	0.057	0.351	0.953	0.057	0.331	1.302	5.230	0.524	2.101	8.052
300	0.083	0.509	1.382	0.083	0.484	1.899	7.551	0.768	3.064	11.655
400	0.109	0.658	1.782	0.109	0.629	2.462	9.693	1.002	3.972	14.995
450	0.122	0.728	1.972	0.122	0.698	2.731	10.701	1.114	4.407	16.572
500	0.134	0.797	2.156	0.134	0.766	2.993	11.670	1.224	4.829	18.088
600	0.158	0.928	2.505	0.158	0.897	3.495	13.497	1.437	5.637	20.948
700	0.181	1.052	2.832	0.181	1.022	3.970	15.186	1.641	6.400	23.590
720	0.185	1.076	2.895	0.185	1.046	4.061	15.509	1.681	6.547	24.094
800	0.203	1.169	3.139	0.203	1.140	4.418	16.752	1.836	7.120	26.029
900	0.224	1.281	3.428	0.224	1.253	4.844	18.208	2.023	7.802	28.280
950	0.235	1.336	3.567	0.235	1.307	5.048	18.899	2.113	8.128	29.340
1000	0.245	1.389	3.702	0.245	1.361	5.247	19.568	2.202	8.447	30.358
1100	0.265	1.493	3.962	0.265	1.464	5.631	20.845	2.374	9.058	32.277
1200	0.284	1.594	4.211	0.284	1.563	5.998	22.054	2.540	9.640	34.052
1300	0.303	1.694	4.451	0.303	1.659	6.349	23.207	2.700	10.194	35.699
1400	0.321	1.793	4.685	0.321	1.751	6.686	24.503	2.855	10.725	37.231
1450	0.329	1.843	4.800	0.329	1.796	6.850	25.130	2.931	10.982	37.960
1500	0.338	1.893	4.914	0.338	1.841	7.012	25.743	3.005	11.234	38.858
1600	0.355	1.993	5.141	0.355	1.928	7.328	26.927	3.151	11.726	40.469
1700	0.372	2.095	5.367	0.372	2.014	7.636	28.056	3.293	12.202	41.979
1800	0.388	2.201	5.596	0.388	2.098	7.939	29.134	3.433	12.667	43.392
1900	0.403	2.310	5.829	0.403	2.193	8.239	30.162	3.570	13.123	44.713
2000	0.419	2.424	6.068	0.419	2.290	8.537	31.142	3.705	13.573	45.944
2200	0.449	2.580	6.550	0.449	2.479	9.136	32.969	3.972	14.468	48.155
2400	0.478	2.768	6.999	0.478	2.661	9.806	34.633	4.239	15.440	50.057
2600	0.507	2.949	7.428	0.507	2.838	10.396	36.150	4.511	16.319	51.679
2800	0.535	3.124	7.837	0.535	3.008	10.957	37.539	4.759	17.146	53.053
2850	0.542	3.167	7.936	0.542	3.050	11.093	37.868	4.821	17.344	53.362
3000	0.564	3.293	8.226	0.564	3.173	11.489	38.817	5.004	17.921	54.211
3200	0.593	3.457	8.597	0.593	3.332	11.994	40.001	5.239	18.647	55.181
3400	0.623	3.614	8.950	0.623	3.486	12.473	41.110	5.464	19.325	55.997
3600	0.654	3.767	9.287	0.654	3.635	12.927	42.160	5.680	19.958	56.688
3800	0.683	3.914	9.607	0.683	3.780	13.357	43.170	5.886	20.547	57.285
4000	0.710	4.057	9.912	0.710	3.920	13.764	44.157	6.084	21.095	57.820
4200	0.735	4.195	10.203	0.735	4.055	14.150	45.139	6.273	21.604	58.323
4400	0.761	4.330	10.480	0.761	4.186	14.516	46.133	6.454	22.075	58.825
4600	0.785	4.460	10.745	0.785	4.314	14.862	47.157	6.628	22.510	59.356
4800	0.809	4.586	10.997	0.809	4.438	15.190	48.228	6.795	22.912	59.949
5000	0.832	4.710	11.238	0.832	4.558	15.502	49.364	6.955	23.282	60.633
5500	0.886	5.005	11.796	0.886	4.846	16.214		7.328	24.082	
6000	0.937	5.284	12.301	0.937	5.118	16.845		7.669	24.728	
6500	0.984	5.553	12.766	0.984	5.377	17.414		7.983	25.251	
7000	1.027	5.815	13.203	1.027	5.627	17.938		8.277	25.682	
7500	1.068	6.074	13.625	1.068	5.872	18.436		8.558	26.051	
8000	1.106	6.334	14.044	1.106	6.114	18.924		8.832	26.389	
8500	1.141	6.601	14.472	1.141	6.359	19.423		9.104	26.728	
9000	1.174	6.877	14.922	1.174	6.608	19.948		9.383	27.098	
9500	1.205	7.167	15.407	1.205	6.867	20.519		9.674	27.530	
10000	1.235	7.475	15.939	1.235	7.137	21.153		9.983	28.056	
11000	1.291			1.291						
12000	1.345			1.345						
13000	1.399			1.399						
14000	1.455			1.455						
15000	1.516			1.516						

* For notes on Table 3.5, see page 21. P_{spez} per tooth in mesh, 10 mm belt width and one tooth of small pulley.



Type 1F



Type 6F



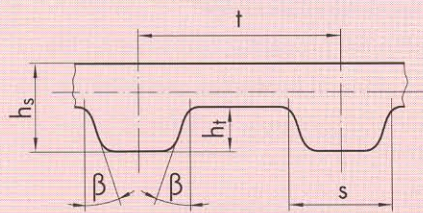
Type 6

Type T 2.5 – Pitch 2.5 mm for belt width 4 and 6 mm

Designation	Number of teeth	Pulley type	Material	c_w (mm)	d_s (mm)	D_B (mm)	b_1 (mm)	B (mm)	D (mm)	D_1 (mm)	Pilot bore d (mm)	Finished bore d_{max} (mm)	Weight (kg)
16 T2.5/12-2	12	1F	Al	9.55	9.00	13.0	10	16	12	—	—	6	0.003
16 T2.5/14-2	14	1F	Al	11.14	10.60	15.0	10	16	14	—	—	8	0.004
16 T2.5/15-2	15	1F	Al	11.94	11.40	15.0	10	16	15	—	—	8	0.005
16 T2.5/16-2	16	1F	Al	12.73	12.20	16.0	10	16	16	—	—	10	0.005
16 T2.5/18-2	18	1F	Al	14.32	13.80	17.5	10	16	18	—	—	6	0.006
16 T2.5/19-2	19	6F	Al	15.12	14.60	18.0	10	16	19	—	4	6	0.007
16 T2.5/20-2	20	6F	Al	15.92	15.40	19.5	10	16	20	—	4	6	0.008
16 T2.5/22-2	22	6F	Al	17.51	17.00	23.0	10	16	22	—	4	6	0.009
16 T2.5/24-2	24	6F	Al	19.10	18.55	23.0	10	16	24	—	4	6	0.012
16 T2.5/25-2	25	6F	Al	19.90	19.35	23.0	10	16	25	—	4	8	0.013
16 T2.5/26-2	26	6F	Al	20.70	20.15	25.0	10	16	26	—	4	8	0.014
16 T2.5/28-2	28	6F	Al	22.28	21.75	25.0	10	16	28	—	4	8	0.016
16 T2.5/30-2	30	6F	Al	23.87	23.35	28.0	10	16	30	—	6	10	0.018
16 T2.5/32-2	32	6F	Al	25.47	24.95	32.0	10	16	32	—	6	10	0.020
16 T2.5/36-2	36	6F	Al	28.65	28.10	36.0	10	16	36	—	6	12	0.026
16 T2.5/40-2	40	6F	Al	31.83	31.30	38.0	10	16	40	—	6	12	0.032
16 T2.5/44-2	44	6F	Al	35.02	34.50	42.0	10	16	44	—	6	14	0.040
16 T2.5/48-0	48	6	Al	38.20	37.70	—	10	16	48	—	6	15	0.048
16 T2.5/60-0	60	6	Al	47.75	47.25	—	10	16	60	—	8	18	0.073

3.2 ZRM/ZRP Timing Belt Range

Optibelt-ZRM timing belts, metric sizes



Order example for ZRM: 10 T 2,5/200

Width (mm)

Section

Pitch length (mm)

Construction: Polyurethane with steel tension cord

Section	Pitch t (mm)	Tooth depth h _t (mm)	Overall belt thickness h _s (mm)	Tooth width s (mm)	Tooth angle 2 β (°)
T 2,5	2.5	0.70	1.30	1.50	40
T 5	5.0	1.20	2.20	2.65	40
T 10	10.0	2.50	4.50	5.30	40

Table 3.2: ZRM Timing belt range

Section T 2.5 - pitch 2.5 mm			Section T 5 - pitch 5 mm						Section T 10 - pitch 10 mm		
Belt No.	Pitch L _{WSt} (mm)	No. of teeth z _R	Belt No.	Pitch L _{WSt} (mm)	No. of teeth z _R	Belt No.	Pitch L _{WSt} (mm)	No. of teeth z _R	Belt No.	Pitch L _{WSt} (mm)	No. of teeth z _R
T 2.5/120	120.0	48	T 5/165	165.0	33	T 5/ 550	550.0	110	T 10/ 260	260.0	26
T 2.5/160	160.0	64	T 5/185	185.0	37	T 5/ 560	560.0	112	T 10/ 370	370.0	37
T 2.5/177.5	177.5	71	T 5/200	200.0	40	T 5/ 575	575.0	115	T 10/ 400	400.0	40
T 2.5/200	200.0	80	T 5/215	215.0	43	T 5/ 590*	590.0	118	T 10/ 410	410.0	41
T 2.5/230	230.0	92	T 5/220	220.0	44	T 5/ 600	600.0	120	T 10/ 440	440.0	44
T 2.5/245	245.0	98	T 5/225	225.0	45	T 5/ 610	610.0	122	T 10/ 450	450.0	45
T 2.5/265	265.0	106	T 5/245	245.0	49	T 5/ 620	620.0	124	T 10/ 500	500.0	50
T 2.5/285	285.0	114	T 5/250	250.0	50	T 5/ 625*	625.0	125	T 10/ 530	530.0	53
T 2.5/305	305.0	122	T 5/255	255.0	51	T 5/ 630	630.0	126	T 10/ 550*	550.0	55
T 2.5/317.5	317.5	127	T 5/260	260.0	52	T 5/ 640	640.0	128	T 10/ 560	560.0	56
T 2.5/330	330.0	132	T 5/270	270.0	54	T 5/ 650	650.0	130	T 10/ 600	600.0	60
T 2.5/380	380.0	152	T 5/275	275.0	55	T 5/ 660	660.0	132	T 10/ 610	610.0	61
T 2.5/420	420.0	168	T 5/280	280.0	56	T 5/ 675*	675.0	135	T 10/ 630	630.0	63
T 2.5/480	480.0	192	T 5/295	295.0	59	T 5/ 690	690.0	138	T 10/ 650	650.0	65
T 2.5/500	500.0	200	T 5/300	300.0	60	T 5/ 700	700.0	140	T 10/ 660	660.0	66
T 2.5/540	540.0	216	T 5/305	305.0	61	T 5/ 720	720.0	144	T 10/ 690	690.0	69
T 2.5/600	600.0	240	T 5/325	325.0	65	T 5/ 725	725.0	145	T 10/ 700	700.0	70
T 2.5/650	650.0	260	T 5/330	330.0	66	T 5/ 750	750.0	150	T 10/ 720	720.0	72
T 2.5/780	780.0	312	T 5/340	340.0	68	T 5/ 780	780.0	156	T 10/ 750	750.0	75
T 2.5/915	915.0	366	T 5/350	350.0	70	T 5/ 800*	800.0	160	T 10/ 780	780.0	78
T 2.5/950	950.0	380	T 5/355	355.0	71	T 5/ 815	815.0	163	T 10/ 800*	800.0	80
			T 5/360*	360.0	72	T 5/ 840	840.0	168	T 10/ 810	810.0	81
			T 5/365	365.0	73	T 5/ 850	850.0	170	T 10/ 840	840.0	84
			T 5/375	375.0	75	T 5/ 860*	860.0	172	T 10/ 850*	850.0	85
			T 5/390	390.0	78	T 5/ 900	900.0	180	T 10/ 880	880.0	88
			T 5/400	400.0	80	T 5/ 940	940.0	188	T 10/ 890	890.0	89
			T 5/410	410.0	82	T 5/ 990	990.0	198	T 10/ 900	900.0	90
			T 5/420	420.0	84	T 5/1000	1000.0	200	T 10/ 910	910.0	91
			T 5/425	425.0	85	T 5/1075	1075.0	215	T 10/ 920	920.0	92
			T 5/440*	440.0	88	T 5/1100	1100.0	220	T 10/ 950	950.0	95
			T 5/445*	445.0	89	T 5/1115*	1115.0	223	T 10/ 960	960.0	96
			T 5/450	450.0	90	T 5/1140*	1140.0	228	T 10/ 970	970.0	97
			T 5/455	455.0	91	T 5/1215	1215.0	243	T 10/ 980	980.0	98
			T 5/460*	460.0	92	T 5/1350*	1350.0	270	T 10/1000*	1000.0	100
			T 5/475	475.0	95	T 5/1380	1380.0	276	T 10/1010	1010.0	101
			T 5/480	480.0	96	T 5/1440	1440.0	288	T 10/1050	1050.0	105
			T 5/500	500.0	100				T 10/1080	1080.0	108
			T 5/510	510.0	102				T 10/1100	1100.0	110
			T 5/525	525.0	105				T 10/1110	1110.0	111
			T 5/545	545.0	109				T 10/1140	1140.0	114

Standard widths b_{St} (mm):

4, 6, 8, 10, 12

Standard widths b_{St} (mm):

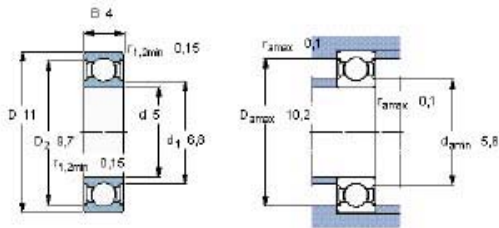
6, 8, 10, 12, 16, 20, 25

Standard widths b_{St} (mm):

10, 12, 16, 20, 25, 32, 50

Rodamientos rígidos de bolas, de una hilera

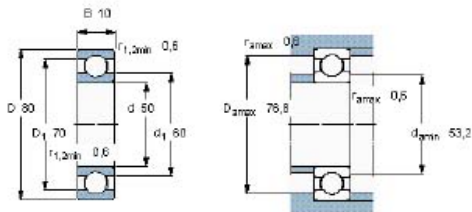
Dimensiones principales			Capacidades de carga		Carga límite de fatiga P_u	Velocidades		Masa	Designación
d	D	B	C	C_0		Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	rpm		kg	-
5	11	4	0,637	0,255	0,011	12000	6000	0,0014	628/5-2Z



Factores de cálculo
 k_f 0,015
 f_0 11

Rodamientos rígidos de bolas, de una hilera

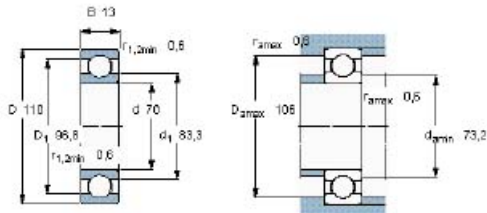
Dimensiones principales			Capacidades de carga		Carga límite de fatiga P_u	Velocidades		Masa	Designación
d	D	B	C	C_0		Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	rpm		kg	-
50	80	10	16,8	11,4	0,56	18000	11000	0,18	16010 *



Factores de cálculo
 k_f 0,02
 f_0 14

Rodamientos rígidos de bolas, de una hilera

Dimensiones principales			Capacidades de carga		Carga límite de fatiga P_u	Velocidades		Masa	Designación
d	D	B	C	C_0		Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	rpm		kg	-
70	110	13	29,1	25	1,06	13000	8000	0,43	16014 *



Factores de cálculo
 k_f 0,02
 f_0 16

Size 3 Static Slot Tensioners

Tensioner types: 

The classic tensioner in a small package. Linear motion, cost effective and a wide range of component choices.

- **Universal tensioner**
- **1/2 inch of adjustment**
- **Choice of bearings and pulleys**
- **Easy installation**
- **Standard catalog item**

Features include:

The SS-3 gives you

- .50 inch range of adjustment
- .18 inch minimum idler pulley clearance
- Up to 8 pounds continuous force, withstands 10 pounds peak

All York Size 3 tensioners include

- Huge selection of catalog tensioners
- Universal - inside or outside tensioner
- Small footprint yet strong
- Markings to help set belt tension on dynamic tensioners
- Stainless steel construction
- Aluminum or plastic idler pulleys
- Choice of flat pulley or four belt profiles: 2mm GT, 3mm GT, .080 (MXL) and 3mm HTD
- Sealed ball or sleeved plastic bearings
- Captive hardware for easy installation

SS-3



[View Engineering Drawings](#)

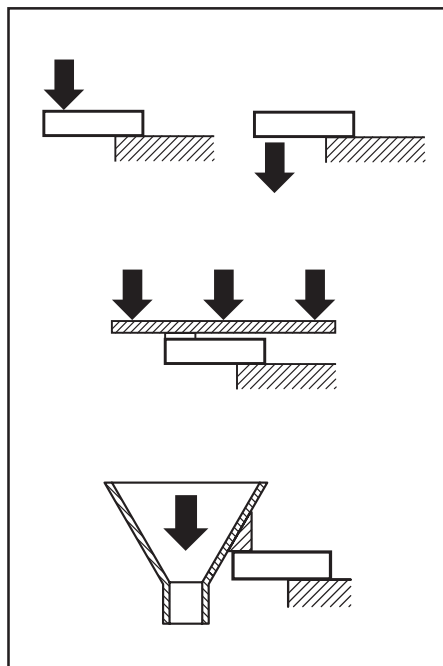
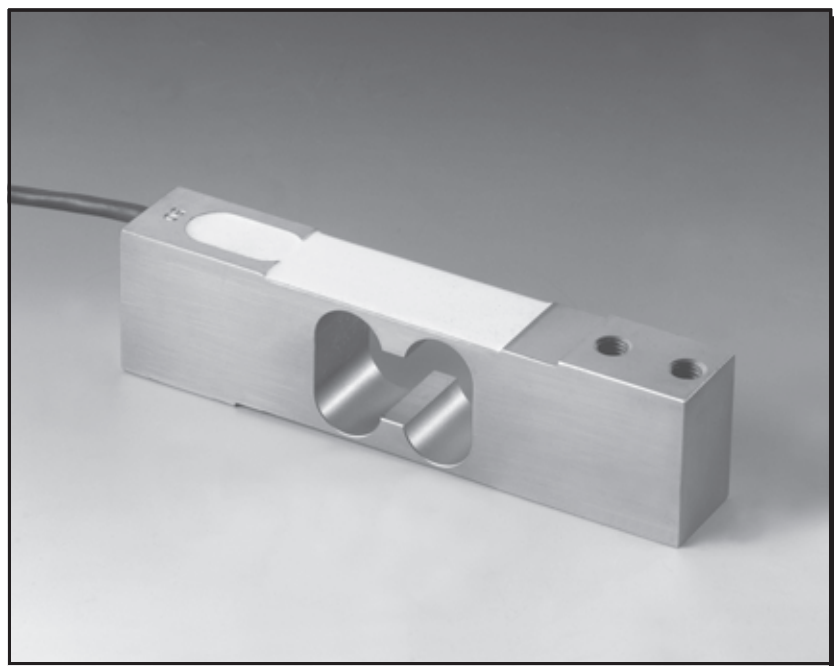


[View List of In-Stock, Quick-Ship Tensioners](#)

[View Detailed Engineering Data](#)

[Configure a Tensioner for your Application](#)

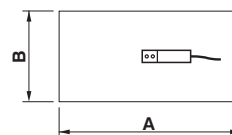
[Download Tensioner CAD files](#)



- Célula de carga de flexión
- Soporte elástico de acero aleado
- 3000 divisiones O.I.M.L. R60 clase C
- Protección IP 66 (EN 60529)
- Gran precisión con cargas descentradas
- Tratamiento anticorrosión de níquel duro
- Aplicaciones:
 - plataformas monocélula hasta 500 x 500 mm
 - ensacadoras

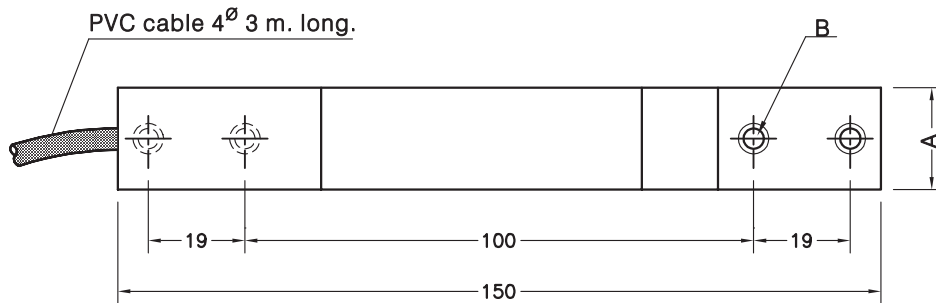
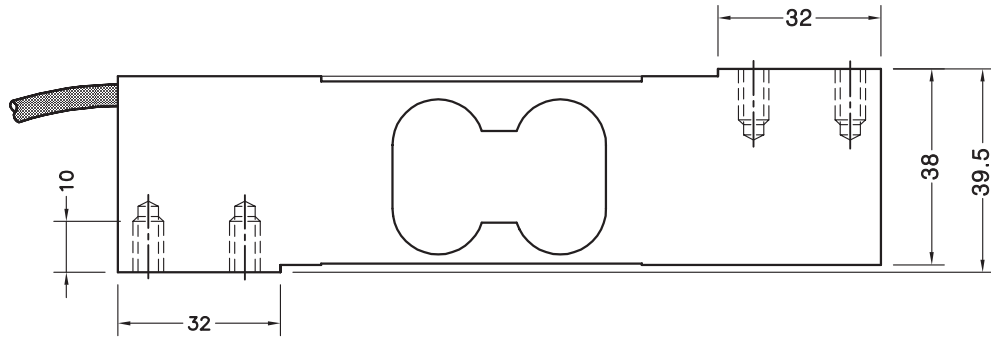
- Double bending beam load cell
- Measuring element from steel alloy
- 3000 divisions O.I.M.L. R60 class C
- Protected IP 66 (EN 60529)
- Single point load cell. High accuracy with off-center loads
- Protected against corrosion by nickel-plated treatment
- Applications:
 - direct platform up to 500 x 500 mm
 - filling scales

Modelo Model	Carga nominal Nominal capacity Ln	Clase de precisión Accuracy class n. OIML	División mínima Minimum division vmin	Carga de servicio Service load 150 % Ln	Plataforma Platform A x B mm	Precisión Accuracy 1/3 Ln
160 15 kg	15 kg	3000	1.5 g	22.5 kg	500 x 500	3000 v
160 20 kg	20 kg	3000	2 g	30 kg	500 x 500	3000 v
160 30 kg	30 kg	3000	3 g	45 kg	500 x 500	3000 v
160 50 kg	50 kg	3000	5 g	75 kg	500 x 500	3000 v
160 75 kg	75 kg	3000	7.5 g	112.5 kg	500 x 500	3000 v
160 100 kg	100 kg	3000	10 g	150 kg	500 x 500	3000 v
160 150 kg	150 kg	3000	15 g	225 kg	500 x 500	3000 v





MODELO 160

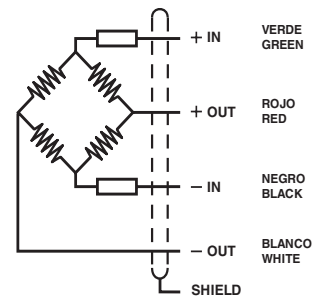


Carga nominal (kg) Nominal load (kg)	Peso Weight	A	B
15-20-30	0.7 kg	20	M6
50-75-100-150	0.85 kg	25	M8

Dimensiones en mm. Dimensions in mm.

ESPECIFICACIONES			SPECIFICATIONS
Cargas nominales (Ln)	15-20-30-50 75-100-150	kg	Nominal capacities (Ln)
Clase de precisión	3000	n. OIML	Accuracy class
Carga mínima	0	%Ln	Minimum dead load
Carga de servicio	150	%Ln (1)	Service load
Cargas límite	200	%Ln (1)	Safe load limit
Error combinado	< ±0.017	%Sn (2)	Total error
Error repetibilidad	< ±0.01	%Sn	Repeatability error
Efecto de la temperatura: en el cero	< ±0.01	%Sn/5°K	Temperature effect: on zero
en la sensibilidad	< ±0.006	%Sn/5°K	on sensitivity
Error de fluencia (30 minutos)	< ±0.016	%Sn	Creep error (30 minutes)
Compensación de temperatura	-10...+40	°C	Temperature compensation
Límites de temperatura	-20...+70	°C	Temperature limits
Sensibilidad nominal (Sn)	2 ±10%	mV/V (3)	Nominal sensitivity (Sn)
Tensión de alimentación nominal	10	V	Nominal input voltage
Tensión de alimentación máxima	15	V	Maximum input voltage
Resistencia de entrada	400 ±20	Ω	Input impedance
Resistencia de salida	350 ±3	Ω	Output impedance
Desequilibrio inicial	< ±2	%Sn	No load output
Resistencia de aislamiento	> 5000	MΩ	Insulation resistance
Deformación máxima (a Ln)	0.3-0.5	mm	Maximum deflection (at Ln)

CONEXION ELECTRICA ELECTRICAL CONNECTION:



- (1) En carga centrada sobre la célula. No para cargas excéntricas
Only central loads on the load cell. Not for off-center loads
- (2) Error combinado: No Linealidad e Histéresis / Total error: Non Linearity and Hysteresis
- (3) 2 ±0.1% mV/V Opcional / Optional



HBM Ibérica, S. L.

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CATALUÑA
D. Jordi Martinez Miralles
Jordi Girona, 31

08034 BARCELONA Barcelona

España

Avda. de los Encuartes, 19
28760 Tres Cantos (Madrid)
España
Tel.: 91 806 2610
Fax: 91 804 9327
<http://www.hbm.com>

Emisor:
Ramón Lluís
Tel.: 938 460 048
Fax: 918 049 327
Email: ramon.lluis@hbm.com

Responsable:
Ramón Lluís
Tel.: 938 460 048
Fax: 918 049 327
Email: ramon.lluis@hbm.com

Oferta: 1-UT3J3-1 Amplificador de señal

23/11/2006

Estimado Sr. Martinez Miralles,

Agradeciéndole su interés en los productos de HBM, tenemos el agrado de remitirle la siguiente oferta.

Pos.	Artículo	Cantidad	Precio unitario	Total
1	1-SCOUT55 Amplificador con indicador digital en caja sobremesa Frecuencia portadora 4.8 kHz, clase de precisión 0.1, salida analógica seleccionable (+10V, 4..20mA, ±20mA), tensión de alimentación 230V	1	1.627,00 €	1.627,00 €
2	1-SPIDPAK5515U-EXP 1 SPIDER8 + 1 CATMAN-EASY Sistema de adquisición de datos digital para conexión a PC de cuatro canales simultáneos ampliable a ocho. Conexión de extensometría e inductivos a 1/2 y puente completo, conexión de señales de +/-10V, pulsos (Canales 0 y 1). Software de visualización, configuración y adquisición de datos bajo entorno Windows XP. Adaptador de puerto paralelo a USB	1	3.774,00 €	3.774,00 €

Total Articulos	5.401,00 €
Total Oferta	5.401,00 €

Todos los precios en Euros. IVA no incluido. El total de la oferta no incluye ofertas de opciones o productos alternativos.

Plazo de entrega: Consultar
Los plazos de entrega están sujetos a la disponibilidad actual, salvo venta intermedia.

Condiciones de entrega: Transporte pagado
Excepto pedidos inferiores a 250,00 €, que llevan un cargo de 30,00 € en concepto de gastos de administración y transporte.

Condiciones de pago: A 90 días

Validez de la oferta: 21/02/2007

Servicio:

Esta oferta no incluye gastos de adaptación del material suministrado al equipamiento del cliente en el lugar de instalación, a menos que se haya ofertado explícitamente.

Cambios Técnicos:

HBM se reserva el derecho de realizar cambios y modificaciones técnicas en los transductores, células de carga, instrumentación y software ofertados. Todas las especificaciones de producto se dan en rasgos generales. No proporcionan ninguna garantía en términos legales de acuerdo con las leyes Españolas y por lo tanto no constituyen ninguna responsabilidad.

Garantía:

Todos los productos tienen una garantía de hasta tres años a excepción de los productos en lo que se indique lo contrario. Esta garantía no cubre los daños ocasionados por un uso indebido o bajo unas condiciones inadecuadas.

Condiciones generales de venta:

Todas nuestras operaciones se rigen por nuestras condiciones generales de venta que están disponibles en www.hbm.com/terms/es.

NUTECH-ENG

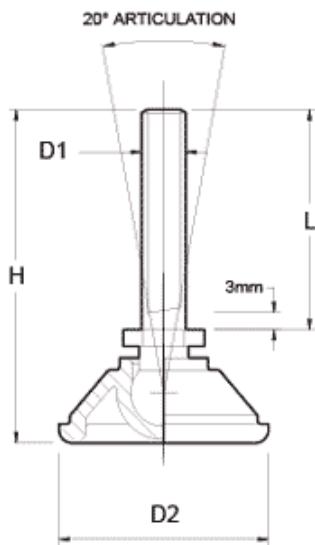
Product Details

A040 Plastic Base/Mild Steel Plated Stud

Materials Base - Polyamide Reinforced Nylon
Stud - Mild Steel, Plated



Part No.	Thread Size D1 (mm)	Thread Length L (mm)	Base Diameter D2 (mm)	Overall Height H (mm)	Maximum Recommended Load (kg)
A040/001	M6	20	40	41	300



Specials

Stud sizes not listed above can be manufactured as Specials to enquire see below:

- [Click here for Bespoke Special Service](#)

Quotation / Information

To receive a quotation or further information, Please select one of the following enquiry forms:-

- [Quotation Request Form](#)
- [General Enquiry Form](#)
- [Click here to print the page](#)



